إدارة

العمليات الإنتاجية

الأسس النظرية والطرائق الكمية



الدكتور

كاسر نصر المنصور

WWW.daralhamed.net

بسم الله الرحمن الرحيم

إدارة العمليات
الإنتاجية
الأسس النظرية والطرائق الكمية

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2009 / 5 / 1523)

658.5

المنصور ، كاسر نصر
إدارة العمليات الإنتاجية: الأسس النظرية والطرائق الكمية / كاسر نصر المنصور .
_ عمان : دار الحامد ، 2009 .
( ) ص .
ر. أ. : (2009 / 5 / 1523) .
الواصفات : /إدارة الإنتاج// إدارة الأعمال /

❖ أعدت دائرة المكتبة الوطنية بيانات الفهرسة والتصنيف الأولية .

* (ردمك) ISBN 978-9957-32-448-3

دار الحامد للنشر والتوزيع
شفا بدران - شارع العرب مقابل جامعة العلوم التطبيقية
هاتف: 5231081 -00962 فاكس : 5235594 -00962
ص.ب . (366) الرمز البريدي : (11941) عمان – الأردن

Site : www.daralhamed.net
E-mail : info@daralhamed.net
E-mail : daralhamed@yahoo.com
E-mail : dar_alhamed@hotmail.com

إدارة العمليات الإنتاجيـــة
الأسس النظرية والطرائق الكمية

الدكتـور
كاسر نصر المنصور

الطبعة الأولى
1431هـ - 2010م

الإهـــداء

إلى والدي الكريمين

وأخوتي وأخواتي الأعزاء

مع خالص المحبة

المحتويات

الموضـــوع	رقم الصفحة

الموضـــوع	رقم الصفحة

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

الموارد بمختلف أنواعها محدودة، وهي موضوع صراع مستمر بين مختلف الأمم والشعوب والناس وهي محور العملية الإنتاجية، حيث تجري عليها عمليات التحويل وصولاً إلى الإنتاج بأشكاله المختلفة (مادي ،خدمي)، ويعد الإنتاج بشكليه المادي والخدمي وهو موضوع النشاطات الإنسانية المختلفة أفراداً وجماعات، وهو الأساس لإشباع الحاجات الأساسية والثانوية، ومادة التطور والنمو للمجتمعات الإنسانية. والموارد هي الأساس للعمليات الإنتاجية، وبالتالي خلق الإنتاج بأشكاله المختلفة.

وعمليات التحويل تأخذ أشكالاً مختلفة وتتناول كافة الجوانب. ومما تشمله هذه العمليات عمليات الإعداد وعمليات التجهيز، وعمليات التصميم وعمليات التصنيع، وعمليات التركيب... وتتناول هذه العمليات عمليات فنية، وعمليات إدارية وعمليات إنسانية... الخ. وتقوم على أسس عملية تكنولوجية وقوانين الطبيعة، والعلاقات الإنسانية والسلوك التنظيمي والقوانين الاقتصادية، وتشغل هذه العمليات جل اهتمام الإدارة التنفيذية والإدارة الوسطى والإدارة التنفيذية، وتتم هذه العمليات (الإنتاجية والإدارية) في إطار صيغة تنظيمية قانونية مادية هي المنظمة (مثل: مصنع، شركة طيران، بنك مشفى، جامعة،... الخ). ومحور تلك العمليات هو الحصول على الإنتاج بشقيه المادي والخدمي.

ويأتي هذا الكتاب لتناول إدارة العمليات الإنتاجية بالدراسة الوصفية والتحليلية والكمية المعمقة، ولهذه الغاية تم هيكلة هذا الكتاب في فصول متكاملة ، اثنا عشر فصلاً. موزعة كما يلي:

لقد تناولنا في **الفصل الأول** مفهوم الإنتاج والعمليات، والمفاهيم الأساسية في إدارة العمليات والإنتاجية، وتطرقنا في **الفصل الثاني** إلى أهم المصطلحات المستخدمة والمعروفة في حقل إدارة العمليات.

أما في **الفصل الثالث** تناولنا تكنولوجيا الإنتاج وأسهمنا في دراسة التكنولوجيا في عملية الإنتاج، حيث تم عرض أنظمة تكنولوجيا الإنتاج المختلفة مثل: CAD, CAPP, CAM, MPCS, FMS, CIM, OGT, AI, AS/RS, ACT... الخ.

إن البرمجة الخطية ما زالت موضوعاً عصرياً مهماً تستخدم لحل المشاكل الاقتصادية المختلفة ومنها مشاكل الإنتاج، لهذا تم عرض بعض الأساليب الكمية ذات العلاقة بمسألة الإنتاج والعمليات في فصل مستقل هو **الفصل الرابع**.

أما مسألة تصميم المنتج فتم تناوله **بالفصل الخامس** بشكل موسع، فتم التعرض لمفهوم تصميم الإنتاج وإدارة البحث الصناعي وأنواع البحوث واستراتيجيات المنتوج، وأساليب تطوير المنتجات ودورة حياة المنتوج.

في **الفصل السادس** تناولنا بالتحليل بالأمثلة العملية موضوع اختيار موقع التسهيلات، حيث درسنا العديد من الأساليب والطرائق الكمية منها: المدخل الموزون للتقييم، وتحليل التعادل، وطريقة دمج العوامل.

لقد تناولنا في **الفصل السابع** مسألة الترتيب الداخلي للتسهيلات. فأوضحنا المفاهيم والمصطلحات الأساسية في الترتيب الداخلي للتسهيلات. ثم توسعنا في تحليل العوامل المؤثرة في الترتيب الداخلي للتسهيلات. وشرحنا الصيغ الأساسية للترتيب الداخلي، وكذلك مناولة المواد. لقد تناولنا موضوع التخطيط العملياتي للسيطرة على الوقت والتكاليف. في **الفصل الثامن**، ركزنا الاهتمام والتحليل على نموذج الترتيب حسب العملية (تحليل التدفق)، ونموذج الترتيب حسب المنتج (تحليل الفعالية). وكذلك على موضوع تخطيط الطاقة الإنتاجية.

أما اقتصاديات وقت العمل (تصميم نظام العمل)، فتم معالجته في **الفصل التاسع**، وتم تناوله في محورين، الأول محور اقتصاديات الحركة (دراسة الحركة) والثاني محور اقتصاديات الوقت (دراسة الوقت): وأكملنا هذا الموضوع بدراسة وسائل تحسين الإنتاجية.

إن موضوع جدولة الإنتاج من المسائل المهمة في إدارة العمليات ولهـذا تناولنـا هـذا الموضوع بالتفصيل في **الفصل العـاشر**، ونظـم عـلى محـورين. الأول محـور جدولـة الإنتـاج في المصانع والثاني جدولة الإنتاج في الخدمات.

وفي **الفصل الحادي عشر** تناولنا موضوع جدولة العمليات، حيـث استعرضـنا أهميـة جدولة العمليات والطرائق الكمية والقواعد الفنيـة المتبعـة في جدولـة العمليـات. وفي نهايـة هذا الفصل تم عرض لخوارزمية كاسر نصر المنصور في الجدولة.

وأخيراً تم دراسة التخطيط الإجمالي في **الفصل الثاني عشر**، فتناولنا مفهـوم التخطـيط الإجمالي وأهميته، وثم شرح الطرائق المختلفة المستخدمة في التخطيط الإجمالي.

لقد دعمنا كل موضوع بمجموعة من الأسـئلة والمسـائل الملحقـة بنهايـة كـل فصـل، إيماناً منا بضرورة التعلم والتدريب الذاتي في إكساب المعرفة وتعزيزها لكل طالب لها، وأشرنـا في نهاية كل فصل لأهم المراجـع والمصـادر التـي اسـتندنا لهـا، والتـي يمكـن للـدارس والمهـتم الرجوع لها أيضاً.

إن هذا الكتاب هو ثمرة جهود بحثية وتدريبية طويلة، حيث أتـت فصـوله المختلفـة في إطار الخبرة التدريسية للمؤلف، إلى جانـب النتـائج البحثيـة التـي تتوجـت بعـدة بحـوث وخوارزميات للمؤلف منشورة في المجلات العلمية المهمة. ونتمنى لهذه الجهود أن تؤتي أكلها لدى الباحثين والأكاديميين والطلبة المهتمين ولكل من أراد بالعلم خـيراً وصـلاحاً وخلاصـاً، ولله الحمد على ما أنعم والشكر على ما ألهم والصلاة والسلام على الرسول الأعظم وآله وسلم.

الدكتور

كاسر نصر المنصور

الفصل الأول

مفهوم الإنتاج والعمليات

العناوين الرئيسة:

1- مفهوم إدارة العمليات
2- التطور التاريخي لإدارة العمليات
3- ماهية وظيفة الإنتاج
   3-1- مفهوم وظيفة الإنتاج
   3-2- خصائص وظيفة الإنتاج
   3-3- وظيفة الإنتاج كنظام
   3-4- وظيفة الإنتاج كعملية
4- مفاهيم أساسية في إدارة العمليات
   4-1- الإنتاج
   4-2- النشاط الإنتاجي
   4-3- نظام الإنتاج
   4-4- نمط الإنتاج
   4-5- الإنتاجية
5- تنظيم إدارة العمليات في المنظمة

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- توضيح مفهوم إدارة العمليات الإنتاجية، وعرض تطوره تاريخياً.
2- شرح أهم المصطلحات المستخدمة في إدارة العمليات الإنتاجية.
3- شرح مفهوم الإنتاجية والعوامل المؤثرة على تحسينها في المنظمة.
4- توضيح الفروق التنظيمية الجوهرية بين المـنظمات الصـناعية والمـنظمات الخدمية.

الفصل الأول
مقدمة في إدارة العمليات الإنتاجية

1. مفهوم إدارة العمليات Operations Management

تعد إدارة العمليات الإنتاجية إحدى حقول المعرفة العملية التي تتناول ما يلي:

- إدارة وتنظيم تدفق الموارد (المدخلات) إلى الوحدات الإنتاجية.
- إدارة وتنظيم العمليات الإنتاجية (التحويل Transformed) لخلق قيمة مضافة ومنفعة جديدة.
- إدارة وتنظيم تدفق الإنتاج (المخرجات) إلى البيئة المحيطة، وذلك مع ضمان تكوين نظام إنتاجي فعّال لتحقيق أهداف المنظمة بكفاية اقتصادية عالية.

إن مصطلح إدارة العمليات الإنتاجية حديث نسبياً قياساً بباقي المفاهيم المعروفة في حقل إدارة الأعمال. فللأمس القريب كان يطلق على مجموعة المبادئ والأسس والطرائق المستخدمة في إدارة الأنشطة الإنتاجية بإدارة الإنتاج. وحديثاً تطوّر هذا المفهوم ليشمل الإنتاج والعمليات وذلك انطلاقاً من حقيقة إن عمل الإدارة تختلف باختلاف طبيعة عمل المنظمات والإنتاج الذي تقدمه، ولكن مع بقاء الأسس والمبادئ التنظيمية والإدارية نفسها في كل منظمة، ويمكن إيضاح ذلك كما يلي:

- ففي المنظمات التي تعمل في مجال الصناعة (الإنتاج المادي) للحصول على الإنتاج المادي (منتجات لها كيان مادي ملموس) فإن الإدارة تعرف بإدارة الإنتاج.
- أما في المنظمات التي تنتج السلع والخدمات معاً فإن الإدارة تعرف بإدارة الإنتاج والعمليات، علماً إن ذلك يتم من خلال إدارة العمليات الإنتاجية المختلفة التي تتم داخل المنظمة.

-

إن ظهور إدارة الإنتاج كان في البداية في المـنظمات الصـناعية التـي تنـتج الإنتـاج المـادي، ومع تنامي قطاع الخدمات وتزايد أهميته في حياة الفرد والمجتمع تم تطوير المبادئ والأسـس العلمية المطبقة في مجال الإنتاج المادي لتشمل النشاط الإنتاجي الخدمي.

ونتيجة لتطبيق هذه المبادئ كان النجاح كبيراً في مجال الخدمات مثـل مـا هـو الحـال في مجال الإنتاج المادي، وهذا يعود إلى تشابه ظـروف العمـل والعوامـل التـي تـتحكم بالعمليـة الإنتاجية في كلا القطاعين. وأهم هذه الظروف ما يلي:

1- مشكلات التعامل مع كثافـة اليـد العاملـة، وكـذلك ارتفـاع معـدلات رأس المـال الـلازم لتشغيل العامل الواحد (كثافة استثمار/عامل).

2- تنوع وتعقد وتطور العمليات الإنتاجية، الأمر الذي يقود باستمرار إلى زيادة التوسع في تطبيـق مبـادئ التخصـص وبالتـالي الحاجـة إلى المزيـد مـن جهـود التنظـيم والتنسـيق للعمليات.

3- تقديم المنظمات لكلا النوعين من الإنتاج (المادي والخدمي) في آن واحـد، مـما يوجـب معالجتها لكافة المشكلات التي تعترضها بسبب التعامل بالإنتاج المادي والخدمي.

4- ندرة الموارد المستخدمة في العمليات، وكذلك استمرار التبـديل والتغـير فيهـا، وارتفـاع أثمانها، وظهور بدائل عديدة مما يتوجب مراعاة قواعد الاستخدام الأمثـل لهـا لتحقيـق الكفاية الاقتصادية.

5- تعقد وتنامي حاجات المستهلكين وازدياد الضغوط الاقتصادية والاجتماعيـة والقانونيـة وأثر ذلك على عمل المـنظمات، وسـيطرة شروط وظـروف سـوق الشـاري واسـتراتيجية رغبات المستهلكين في الإنتـاج والتسـويق مـما يسـتوجب التـأقلم مـع هـذه المتغـيرات باستمرار.

6- ازدياد أثر التقانة والتكنولوجيا ودورها في النشاط الإنتاجي، وكذلك ازدياد ظروف عدم التأكد الذي تتخذ فيها القرارات في المنظمات مما يستدعي العمل وفق أسس وقواعد علمية ثابتة للوصول إلى قرارات سليمة.

7- ونشير أخيراً إلى ما يلي:

أ- الإنتاج المادي: يتم في المصانع أو المعامل، وينتج عنه خلق المنافع الشكلية، ويتم ذلك بتغير شكل الخامات أو المواد الأولية وتحويلها إلى أشكال أخرى، وذلك باستخدام عمليات كيميائية، أو ميكانيكية، أو كهربائية، أو يدوية، واتباع طرائق طبيعية أو تكنولوجية، والاستعانة بقوانين الطبيعة وبوسائل إنتاج مختلفة (حقل إدارة الإنتاج).

ب- الإنتاج الخدمي: يتم في المتاجر والبنوك والمشافي والجامعات وهيئات التأمين والنقل.. الخ، ويختص بخلق المنافع الزمانية والمكانية الحيازية وغيرها، واستخدام أساليب وطرائق ووسائل مختلفة (حقل إدارة العمليات).

علماً أن الكثير من المنظمات تختص الآن بالإنتاج بشقيه المادي والخدمي، لهذا يتم تعميم مبادئ وأسس إدارة الإنتاج المادي على الإنتاج الخدمي تحت اصطلاح إدارة الإنتاج والعمليات أو إدارة العمليات الإنتاجية.

2. التطور التاريخي لإدارة العمليات الإنتاجية Heritage of POM

يمكن أن تعد نهاية القرن السابع عشر وبداية القرن الثامن عشر مرحلة نشوء وتطور علم إدارة الأعمال عموماً متمثلة بالتالي:

كانت البداية الفعلية مع ما عرضه " آدم سميث " Adam Smith في كتابه ثروة الأمم The Wealth of Nation حول مزايا تقسيم العمل، وهي:

- تنمية المهارات والخبرات للعاملين بسبب تخصصهم في نوع واحد من العمل.
- التوفير في الوقت والجهد الذي كان يضيع بسبب تنقل العامل من عمل لآخر.
- استخدام الآلات والمعدات والطرائق المتخصصة لأداء العمليات الإنتاجية المطلوبة.

ثم قدم بعده " شارل باباج" Charles Babage المبادئ الأولية لإدارة الإنتاج والعمليات من خلال تأكيده على ما قدمه " آدم سميث"، وإضافة مبدأ جديد وهو ربط الأجر المدفوع للفرد مع متطلبات العملية الإنتاجية من حيث الخبرة والمهارة المطلوبة. ويرى ضرورة وضع معايير للإنتاج، وتقسيم الوظيفة الواحدة إلى وظائف متعددة، وبحيث يسمح هذا التقسيم للإدارة بتوظيف عدد ونوع مهارة الأفراد المطلوبين لكل وظيفة.

ولقد أضاف " فريدريك تايلور" Fredrick W. Tylor مبادئ الإدارة العلمية المتمثلة بالتالي:

- دراسة الحركة والوقت لتحديد طرائق العمل ومعايير العمل.
- اختيار وتدريب الأفراد في الصناعة وفق أسس علمية.
- تنمية روح التعاون مع العاملين للحصول على أفضل النتائج.
- توزيع العمل بين الإدارة (الأعمال الإدارية) والعاملين (الأعمال التنفيذية).

ولقد تطورت إدارة العمليات بشكل واسع مع بداية القرن العشرين حتى أصبحت مجالاً واسعاً للبحث والدراسة والاختصاص. ويمكن متابعة التطور التاريخي لإدارة العمليات كما هو وارد في الجدول التالي:

جدول (1)

التطور التاريخي لإدارة العمليات الإنتاجية

السنة	المساهمة العلمية والعملية	اسم الباحث أو المطوّر
1911	مبادئ الإدارة العلمية، مفاهيم دراسة الوقت والحركة ودراسة العمل وطرائقه	F.W. Taylor, F&L Gilberth (USA)
1913	خط التجميع	Henry Ford (USA)
1914	خرائط الجدولة، جدولة النشاط ومراقبته	Henry Gantt (USA)
1917	تطبيق نموذج حجم الدفعة في مراقبة المخزون	F.W.Hsrris (USA)
1931	عينات القبول والجداول الإحصائية للرقابة على الجودة	W.Shewart, H.F. Doge & H.G. Roming
1933	دراسة Hawthorne لحوافز العمل والاهتمام بالجوانب السلوكية في العمل	Elton Mayo (USA)
1934	تطوير أسلوب دراسة العمل بطريقة العينات	L.H.C. Tippet (UK)
1940	بحوث العمليات لحل مشكلة النظام المعقد	Operations Research Group (UK)
1947	طريقة سمبلكس والبرمجة الخطية لحل مسائل تركيبة الإنتاج والنقل	G.B. Dantzing (USA)
1950	البرمجة الرياضية: خطوط الإنتاج، نظرية الألعاب، نظرية القرارات، المحاكاة، تقنيات جدولة المشروع والصيانة، التحليل الشبكي	(USA) & Europe
1955	الحواسب في حل مشكلات العمليات	Cummings &e.t. (USA)
1970s	تطوير برامج الحواسب لحل مشكلات الجدولة والمخزون وتصميم المصنع والتنبؤ وإدارة المشروع ونظام MRP والاهتمام بإدارة الخدمات	J.Orlicky & O. Weight (USA)
1980s	انتشار نظم الإنتاج المرنة مثل: CAD/CAM,CIM,FMS وكذلك استخدام TQM& JIT	Tai-ichi Oho of Toyota Motors (Japan), W.E. Deming & G.M. Juran (USA)
1990s	التوسع في TQM وكذلك المقارنة المرجعية Benchmarking وسلسلة ISO9000 وإعادة الهندسة، والتعاقد من الباطن	M. Hammer & Major Consulting Firms

3. ماهية وظيفة الإنتاج

إن وظيفة الإنتـاج قديمـة قـدم الإنسـان، بـدأها بمفـرده، ووسـعها مـع عائلتـه، وطوّرهـا بالاشتراك مع القوى الأخرى في محيطه. وقد حققت هذه الوظيفة الرفاه الفردي والاجتماعـي بعد أن نهضت بها المؤسسات المتخصصـة في ميـادين الإنتـاج المختلفـة، ودعمتهـا الحكومـات بالسياسات والبرامج الاقتصادية والتنموية، فأصبحت وظيفة اقتصادية واجتماعية تعمـل عـلى خلق السلع المادية، وتقديم الخدمات بهدف تحقيق المنافع وإشباع الحاجات والرغبات للفرد والمجتمع، والانتقال بهما إلى درجات أعلى من التطور والرقي والرفاه.

3-1- مفهوم وظيفة الإنتاج

إن مصطلح الإنتاج ولوقت قصير يشير إلى الإنتاج المادي الذي تقدمه المنظمات الصـناعية فقط، ولهذا فإن وظيفة الإنتاج كانت تقتصر على تلك المنظمات التـي تقـدم السـلع كمخـرج لعملياتها الإنتاجية. ومع بداية عقد الخمسينات طبقت مبـادئ، وقواعـد إدارة نظـام الإنتـاج المادي على إدارة نظام الإنتاج الخدمي. وأصبح هذا المصطلح يشير إلى الإنتـاج بشـقيه المـادي والخدمي. وأصبحت وظيفة الإنتاج تستخدم بالتبادل مع مصـطلح إدارة الإنتـاج والعمليـات. ولهذا عرفت وظيفة الإنتاج بأنها وظيفة فنية إدارية متخصصة تقوم على مجموعـة الأنشـطة المتعلقة بإنتاج السلع و/ أو الخدمات، بدءاً من تجميع وتهيئة المـدخلات اللازمـة، ثـم إجـراء العمليات التحويلية أو التجميعية أو الفنية عليها والحصـول عـلى المخرجـات ممثلـة بالسـلع والخدمات التي تشبع حاجات المجتمع.

3-2- خصائص وظيفة الإنتاج

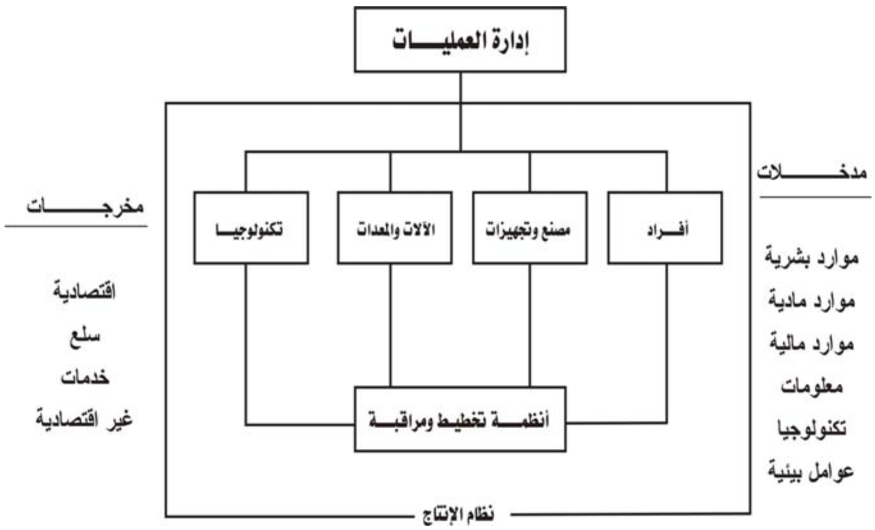
من التعريف السابق نستطيع أن نشتق مجموعة خصائص لوظيفة الإنتاج وهي:

- وظيفة اجتماعية تقوم على العمل الجماعي لأبناء المجتمع في إطار مؤسساتي.
- وظيفة اقتصادية تتم في إطار القوانين الاقتصادية، تقوم على توظيف عناصر الإنتاج واستغلالها من أجل تحقيق الرفاه الاقتصادي للمجتمع.
- وظيفة إدارية تقوم على مبادئ وأسس العمل الإداري من تخطيط، وتنظيم وقيادة، ورقابة النظام الإنتاجي، وكافة العمليات الإنتاجية المرافقة له.
- وظيفة رئيسة تشتق من المهمة الرئيسة للمنظمة سواء كانت المنظمة صناعية أو خدمية.
- وظيفة محورية في المنظمة حيث أن باقي وظائف المنظمة تشتق منها وتعمل على إكمال دورة الإنتاج.
- وظيفة فنية تقوم على مبدأ تقسيم العمل وتحقيق التخصص في النظام الإنتاجي على قاعدة تكنولوجية علمية.

3-3- وظيفة الإنتاج كنظام

إن وظيفة الإنتاج وفي إطار المفهوم الحديث لوظائف المنظمة هي إحدى النظم الفرعية المهمة في منظمات الأعمال. وهذا النظام (نظام الإنتاج) هو صيغة فنية إدارية تجمع عناصر الإنتاج، وتجري عمليات التحويل على تلك العناصر، وتخلق الإنتاج (المادي والخدمي)(1). والشكل (1-1) يوضح عمل هذا النظام.

(1) Richard B. Chase, Nicholas. Aquieano, Production and Operations Management, 7 th ed. Irwin McGraw-Hipp, New York, 1996. P.5.



شكل (1-1) وظيفة الإنتاج كنظام

يقوم نظام الإنتاج بالمهمات التالية:

1- تحديد مواقع العمل وأنواع ومستويات المواد التي تحتاجها المنظمة. وتحديد أنواع ونماذج الآلات والمعدات ووضع برامج تشغيلها واستهلاكها وصيانتها. وتحديد أنواع العمالة المطلوبة، وتنمية مهاراتها، وإعدادها للتشغيل على أساس تقسيم العمل وتحقيقاً لمبدأ التخصص.

2- مزج عوامل الإنتاج، وتصميم العمليات بطرائق علمية اقتصادية وصولاً إلى الكفاية الاقتصادية.

3- تصميم وتطوير السلع والخدمات بشكل يتلاءم مع رغبات الزبائن، ومتطلبات العمليات الصناعية، وطبيعة المواد والعمليات الإنتاجية.

4- تخطيط الإنتاج، ووضع السياسات الإنتاجية الكفيلة بتنفيذ الخطط الإنتاجية، وممارسة الرقابة على الإنتاج وضمان الجودة.

5- ضمان تنظيم العمل، وتصميم نظام العمل وأنظمة المناولة في الوحدة الإنتاجية وجدولة العمليات.

6- التفاعل مع وظائف وأقسام المنظمة الداخلية بما يخدم خططها وأهدافها.

3-4- وظيفة الإنتاج كعملية تحويل

إن وظيفة الإنتاج كنظام تنطوي على عملية تحويل المدخلات إلى مخرجات ضمن سلسلة من العمليات الجزئية التي تتم في إطار نظام إنتاجي محدد. وهذا النظام يمكن أن يكون نظام إنتاجي صناعي (مصنع تجميع سيارات)، أو نظام إنتاجي خدمي (مطار أو بنك). ونوضح ذلك من خلال الشكل (2:1).

مدخلات	**وظيفة الإنتاج تحول المدخلات إلى مخرجات**		**مخرجات**
	العملية	**الصناعية (المنظمة)**	
شيكات، ودائع	توقيع، تصنيف	البنك	شيكات ملغاة، فتح حساب
بضائع، وسائط نقل	نقل، فرز	مخازن	تسليم البضاعة
نفط	عمليات كيماوية التحليل	مصفاة التكرير	غاز، ديزل، نايلون
منجم	استخراج	تعدين	فحم، ملح
أرض، أبقار	مزارع أبقار	مصنع ألبان	حليب، زبدة
طائرات، طيارين	جدولة	الخطوط الجوية	مسافرين، نقل بضائع
غرف العمليات، أطباء	عملية	المشفى	استئصال مرارة
خياط، آلات	خياطة	مخيطة	ملابس
محركات، ناقلات	تجميع	صناعة سفن	سفن حربية
حبوب، لحم	الطبخ	مطعم	مشاوي، همبرجر

الشكل (1-2) وظيفة الإنتاج كعملية تحويل

Source: Ray Hazier, Barry Render (1996), P.34

إن الشكل (2:1) يوضح أن عملية التحويل تأتي في عدة أشكال، وتهدف جميعها إلى الحصول على الإنتاج بشقيه المادي والخدمي، وبالتالي فإن عملية التحويل يمكن أن تشير إلى ما يلي[1].

أ. العمليات التي تغيّر من شكل المادة فتجعلها صالحة لإشباع حاجة أو خلق المنفعة الشكلية في السلع المنتجة.

ب. عمليات النقل من مكان تقل فيه منفعة الشيء إلى مكان تزيد فيه المنفعة دون تغيّر شكله، أي خلق المنفعة المكانية للسلع أو الخدمات.

ج. عمليات التخزين، حيث يضيف التخزين منفعة إلى السلعة بعد فترة معينة.

د. كل صور الإنتاج غير المادي التي يطلق عليها خدمات (التعليم، الصحة، السياحة، الترفيه، .....).

4. مفاهيم أساسية في إدارة العمليات

4-1- الإنتاج Production

يرى الفكر الاقتصادي الحديث إن الإنتاج ليس خلق المادة وإنما هو خلق المنفعة، أو إضافة منفعة جديدة. وبمعنى آخر إيجاد استعمالات جديدة لم تكن موجودة من قبل، وبهذا فإن اصطلاح الإنتاج يمكن أن يطلق على ما يلي[2]:

- تلك العمليات التي تغيّر من شكل المادة فتجعلها صالحة لإشباع حاجة ما (المنفعة الشكلية).
- عمليات النقل من مكان تقل فيه منفعة الشيء إلى مكان تزيد فيه المنفعة دون تغيّر شكله (المنفعة المكانية).
- عمليات التخزين، حيث يضيف التخزين منفعة إلى السلعة (المنفعة الزمنية).

---

[1] المنصور، كاسر إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر، عمان، 2000، ص25.

[2] السيد حسن، موفق، التحليل الاقتصادي الجزئي، جامعة دمشق، 1993، ص187.

- كل صور الإنتاج " غير المادي" التي يطلق عليها اسم الخدمات.

2-4- النشاط الإنتاجي Production Activity

يعرف النشاط الإنتاجي بأنه النشاط المنظم والموجه لاستخدام المـوارد المتاحـة وتوجيهها لإنتاج منتجات وخدمات جديدة تشبع حاجات الإنسـان. وهـذا النشـاط يـتم في إطـار نظـام الإنتاج والمنظمة، وبالتالي يحمل مفاهيم مختلفة منها ما يلي:

- المفهوم الاقتصادي: يقوم بتوظيف عناصر الإنتاج في مكان وزمـان مـا بهـدف الحصـول على الإنتاج.
- المفهوم الاجتماعي: أساس من أسس التنمية الاجتماعية والاقتصادية والسياسية.
- المفهوم التشغيلي: أساس عملية فنية يهدف إلى تحويل المواد الأولية إلى سلع وخدمات من خلال إخضاعها لعمليات مختلفة وطرائق وأساليب علمية وعملية:

3-4- نظام الإنتاج

نظام الإنتاج هو الصيغة الفنية (تكنولوجيا وهندسة) التنظيمية (هيكل وإجراءات) التـي تجمع بها عناصر الإنتـاج في مكـان وزمـان محـددين، حيـث تجـري عمليـات التحويـل عـلى المدخلات للحصول على المخرجات (سـلع وخـدمات) الشـكل (1-1). بمعنـى آخـر فـإن نظـام الإنتاج هو الصيغة الفنية التنظيمية لممارسة النشاط الإنتاجي.

نظراً لتنوع الأنشطة الإنتاجية فإننا نميز ومن خلال هذا التنوع نوعين من نظم الإنتاج وهي:

1- نظام الإنتاج الصناعي: وهو الصيغة الفنية التنظيمية لإدارة الإنتاج، حيـث يتكـون هـذا النظام من ثلاثة أجزاء رئيسية، وهي:

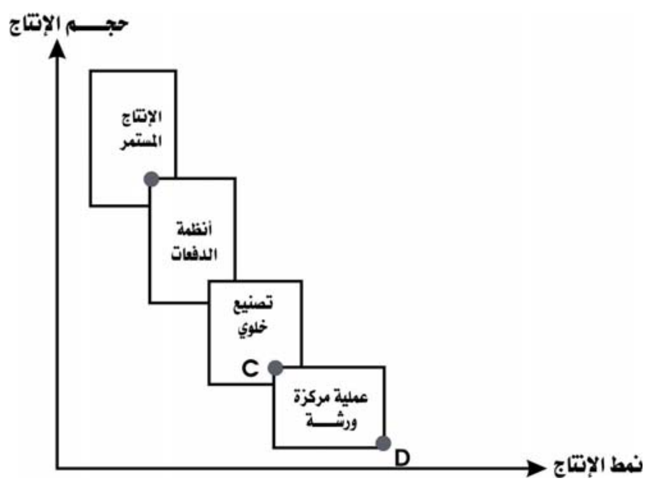
- المدخلات ممثلة بالموارد والتي تحصل عليها المنظمة.
- العمليات التي تقوم بها المنظمة لتحويل المدخلات.
- المخرجات ممثلة بالإنتاج المادي الذي تحصل عليه المنظمة نتيجة عملية التحويل.

2- نظام الإنتاج الخدمي: وهو الصيغة الفنية التنظيمية لأداء النشاط الإنتاجي في المنظمة الخدمية، أي هو الصيغة التنظيمية لأداء العمليات في القطاع الخدمي.

4-4- نمط الإنتاج Production Type

إن وظيفة الإنتاج كنظام إنتاج وكعملية تحويل تعمل على خلق السلع والخدمات في إطار صيغة نمط إنتاج محدد. وهذا النمط يشير إلى الطريقة التي يتم فيها تصنيع المنتج النهائي أو تقديم الخدمة النهائية. ونظراً للاختلاف بين عملية تصنيع المنتج وتقديم الخدمة فإننا نميز بين حقلين لأنماط الإنتاج، وهما:

أولاً في الصناعة: في مجال الصناعة فإن أنماط الإنتاج معروفة بثلاثة أنواع، واختيار النمط المناسب يتوقف على حجم دفعة الإنتاج، حيث أن هناك علاقة وثيقة بين حجم الإنتاج واختيار نمط الإنتاج " انظر الشكل (1-3).



الشكل رقم (1-3) العلاقة بين أنماط الإنتاج وحجم الإنتاج

أ. **نمط الإنتاج الجاري (المستمر) Flow Production:** حسب هذا النمط فإن النظام الإنتاجي يقدم سلعة واحدة (أو جزء) نمطية، وبكميات ومواصفات وأوقات تحددها المنظمة بناءاً على الطلب المتوقع على تلك السلعة والذي تقدره إدارة المبيعات فيها.

يستخدم هذا النمط لإنتاج سلعة واحدة أو جزء واحد، حيث تقوم الإدارة بتحديد كل من المواصفات والكمية وبرمجة الإنتاج داخلياً مثل صناعة السيارات أو الصناعات البتروكيماوية.

يشترط لاستخدام هذا النمط بكفاية ما يلي:

- تحقيق التوازن في الخط الإنتاجي كي لا يكون هناك هدر في الطاقات الإنتاجية للآلات والعمال وأماكن العمل.
- أن يكون الطلب مستمر على المنتج، وأن تكون مواصفات المنتج قياسية، والمواد ذات مواصفات محددة، وتسلم بالوقت المحدد إلى خطوط الإنتاج.
- أن تكون كافة مراحل الإنتاج متوازنة من خلال التخطيط المسبق للعمليات الإنتاجية المطلوبة.
- القيام بالصيانة الوقائية للآلات والتجهيزات.

ب. **نمط الإنتاج بالدفعات Batch Production:** يعرف هذا النمط بالإنتاج المتقطع المتكرر، حيث يتم تقديم سلع أو أجزاء عديدة (تشكيلة إنتاج) خلال فترات مختلفة على شكل دفعات. وهذه السلع يحدد مواصفاتها المنتج. ويرسل الإنتاج إلى المخازن. ويتم السحب لمواجهة الطلب من المخازن، كما في صناعة الأدوات المنزلية، والأثاث المنزلي.

يستخدم نمط الإنتاج بالدفعات لإنتاج عدة سلع أو أجزاء، حيث تقوم الإدارة بتحديد المواصفات والعمليات وبرمجة الإنتاج داخلياً. ويمتاز هذا النمط بتكنولوجيا

منخفضة، والإنتاج ينتج خلال فترة زمنية محددة، ويرسل إلى المخازن بانتظار تشكل الطلب عليه.

ج. **الإنتاج لوحدة واحدة Job Production:** في هذا النمط من الإنتاج فإن النظام الإنتاجي يختص بإنتاج منتج تحدد مواصفاته الفنية والتكنولوجية مسبقاً من قبل العميل، كما في صناعة اليخوت والفلل والجسور،....الخ، ويتم الإنتاج بناءاً على طلب مسبق وعقد موقع من قبل الطرفين.

ثانياً: في مجال صناعة الخدمات: فإن أنماط الإنتاج كثيرة ومختلفة نظراً لتنوع طريقة إنتاج الخدمات، وكل نمط تدخل فيه الكثير من العوامل، وبخاصة العوامل المتعلقة بثقافة المنظمة وبيئتها الداخلية.

5-4- الإنتاجية Production

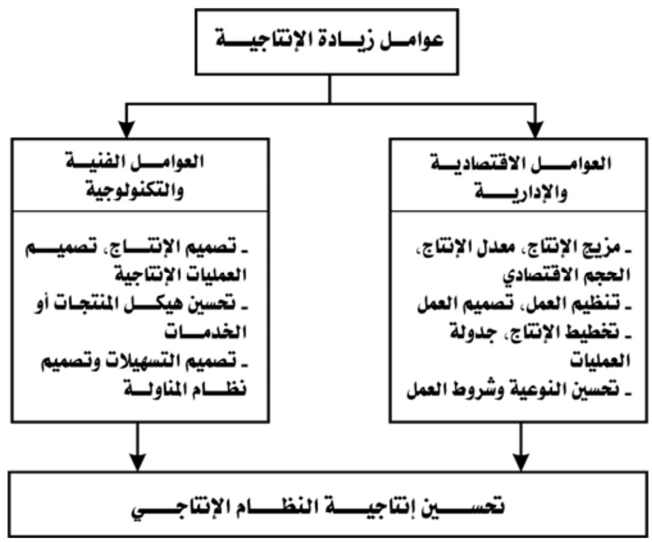
1.5.4. مفهوم الإنتاجية:

الإنتاجية مؤشر اقتصادي يستخدم لقياس فعالية الإدارة في إدارة النشاط الإنتاجي، ويعبر عنها بنسبة مئوية تشير إلى العلاقة بين الإنتاج (المخرجات) الناتج عن النشاط الإنتاجي وعناصر الإنتاج المستخدمة (المدخلات)، ويستخدم في قياس ذلك وحدات العمل أو وحدات رأس المال أو ساعات العمل.. الخ. وتأخذ العلاقة الصيغة الرياضية الآتية:

$$\text{الإنتاجية} = \frac{\text{الإنتاج (المخرجات)}}{\text{الموارد المستخدمة (المدخلات)}}$$

تعتبر الإنتاجية من المقاييس والمؤشرات الهامة المستخدمة في قياس نجاح وتطور أي مؤسسة أو قطاع أو حتى الدول (كندا، USA، ماليزيا، السويد، السعودية). ترتبط الإنتاجية وتتأثر بالعديد من العوامل حتى أن البعض ذهب للقول بأن كل شيء يؤثر على الإنتاجية. وتتفاوت درجة هذا التأثير من عامل إلى آخر.

وتأتي أهمية الإنتاجية من تأثيراتها البالغة الأهمية على قدرة المؤسسة في تحقيق أهـدافها لأن زيادة الإنتاجية تعني تحسين استثمار عناصر الإنتاج وذلك باتبـاع طرائـق عديـدة - انظـر الشكل (1-4) - منها ما يلي:



الشكل (1-4) عوامل الإنتاجية

أ. زيادة المخرجات من نفس المدخلات: وذلك من خلال تقليل الفاقد والضائع والتالف من المنتجات، وزيادة كمية المنتج من نفس كميات المدخلات.

وهذا يحتاج إلى تطوير في أداء العمـل سـواء كـان ذلـك باسـتخدام تكنولوجيـا أحـدث (مثل ماكينات جديدة، أجهزة كمبيوتر، معدات حديثة)، أو عن طريق تطوير مهارات الأفـراد بالتدريب مثلاً واكتساب الخبرة.

ب. تقليل المدخلات لإنتاج نفس كمية المخرجات: فعلى سـبيل المثـال إذا مـا تـم تطـوير قنوات العاملين بحيث يحتاج العامل أو الموظف إلى وقت أقل للقيام بمهمـة معينـة أدى ذلك إلى رفع الإنتاجية.

ج. زيادة المخرجات وتقليل المدخلات معاً: فعلى سبيل المثال يمكن استخدام معدات حديثة بحيث تقل نسبة التالف من الإنتاج (عدم المطابقة للمواصفات) وفي نفس الوقت تكون هذه المعدات أوفر في استهلاكها للوقود.

يتضح مما سبق ارتباط الإنتاجية بقدرة المنظمة على تحقيق أهدافها من جوانب متعددة، لذا كان قياس الإنتاجية مهماً لتحقيق أهداف متعددة نذكر منها:

1- قياس كفاءة الأداء في المنظمة.
2- تقييم استخدام الموارد في المنظمة.
3- تحديد معوقات الإنتاج، وبالتالي إزالة الأسباب التي تعرقل تحسين الإنتاج.
4- تحديد أساليب العمل وطرائق تحسين الإنتاج.
5- يستخدم قياس الإنتاجية كأداة للتنبؤ والتخطيط الاقتصادي وتخطيط القوى البشرية بوجه خاص.
6- يفيد قياس الإنتاجية في تحديد معدل إنتاجية العمل الذي يعتبر مؤشراً هاماً في معرفة التطوير الاقتصادي لبلد ما من خلال مقارنته مع البلدان الأخرى.
7- يستعمل للرقابة على الأداء ومعرفة مستوى كفاءة التنفيذ.
8- إيجاد معيار دقيق لمعرفة الكفاءة الإنتاجية للمشروع والحكم عليها.
9- رسم سياسة الأجور والحوافز.
10- الحصول على معيار لمعرفة ما إذا كانت الزيادات في الأجور ذات أثار تضخمية.

وقبل الانتقال إلى الحديث عن تأثير الإنتاجية، تجدر الإشارة إلى تعريف مصطلحين متلازمين، يحدث في كثير من الأحيان خلط بينهما وبين الإنتاجية، وهما الكفاءة والفاعلية:

أولاً: تعرف الكفاءة (Efficiency) بأنها النسبة بين كمية المورد المخطط لـه والمورد المستخدم فعلاً، ويعبر عنها بالعلاقة الآتية:

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{كمية المورد المخطط له}}{\text{كمية المورد الفعلي المستخدم}}$$

فمثلاً إذا كان من المفروض حسب ما تم احتسابه أن عملية معينة تحتاج إلى 15 دقيقـة، بينما احتاج ذلك فعلاً إلى 17 دقيقة كانت الكفاءة مساوية لـ 88% تقريبـاً. ومـن الواضـح أن الكفاءة يسهل حسابها في الأعمال الهندسية والأعمال المتكررة والتي تحتاج إلى موارد منفصلة.

ثانياً: أما الفاعلية (Effectiveness) فتعرف على أنها درجة قرب المؤسسة أو الوحدة مـن تحقيق أهدافها. والإنتاجيـة ليسـت هـدفاً في ذاتهـا، وإنمـا هـي وسـيلة للوصـول إلى أهـداف المؤسسة أو رفع الفاعلية. كذلك فإن العلاقة بين الكفاءة والإنتاجية تتضح من تعريفها حيـث من المتوقع زيادة الإنتاجية مع زيادة الكفاءة والعكس بالعكس.

ويمكن تقنين العلاقة بين الإنتاجية وأهداف المؤسسة والتي يمكـن التعبـير عنهـا بالربحيـة من خلال تعريف الربحية بالعلاقة الآتية:

الربحيـة = الإيرادات (Revenue) ÷ التكاليف (Cost)

= (المخرجات × سعر البيع) ÷ (المدخلات × سعر الشراء)

Price Recovery × Productivity = Profitability

وهذه العلاقة المشتقة من الربحية والإنتاجية واسترداد السـعر عـلى غايـة مـن الأهميـة، لأننا نربطها بين العوامل الداخلية والخارجية المؤثرة عـلى الربحيـة. فاسـترداد السـعر (Price Recovery) يعتمد على أسعار البيع وأسعار الشراء، وهذه كما هو واضح تعتمد على ظـروف العرض والطلب والمنافسة، وعوامل لا تستطيع المنظمة التحكم بها مبـاشرة (عوامـل خارجيـة External Factors)، لهذا

فإن المنظمات التي تعتمد في تحقيق ربحيتها على استرداد السعر (زيادة أسعار البيع أو تقليل سعر الشراء عن طريق شراء مواد خام مثلاً من درجة أدنى من المطلوبة أو نتيجة خفض أجور العاملين على المستوى المقبول)، فإنها غالباً ما تواجه مشاكل وصعوبات كبيرة تؤدي في معظم الأحيان إلى فشلها. وعلى العكس من ذلك فإن المنظمات التي تعتمد على الإنتاجية في زيادة ربحيتها عن طريق الاستغلال الأمثل لمواردها المادية والبشرية واستخدام التكنولوجيا الحديثة فإن هذه السياسة غالباً ما تؤدي إلى تقدم مستمر مضطرد للمنظمة. فمثلاً إذا زادت المنافسة لإحدى الشركات، كإجراء لمواجهة ذلك قامت بتقليل تكلفة إنتاجها عن طريق تقليل التالف والضائع، فإن ذلك سوف يؤدي حتماً إلى رفع قدرة المنظمة على المنافسة وزيادة المقدرة التكنولوجية لها مما يعطيها قوة وقدرة على المنافسة في المستقل أيضاً.

2.5.4. تأثير الإنتاجية:

تمتد تأثيرات انخفاض الإنتاجية إلى المستوى القومي والمؤسسي والفردي، وعلى صعيد المنظمة فإن هذه التأثيرات تشمل جوانب عديدة، منها ما يلي:

1- ضعف القدرة التنافسية للمؤسسة.
2- ارتفاع تكاليف الإنتاج.
3- زيادة الاستهلاك من المدخلات (الطاقة، المواد، الماكينات).
4- زيادة عدد العاملين لإنتاج كمية معينة من السلع والخدمات.
5- عدم قدرة المؤسسة على تقديم حوافز وأجور مناسبة للعاملين.
6- زيادة التضخم.
7- التأثيرات الناجمة عن النتائج المذكورة أعلاه.

وإن انخفاض الإنتاجية في وحدة معينة أو منظمة يعني في النهاية زوالها، لأن القانون الطبيعي يقول " البقاء للأفضل". ولهذا فإن زيادة الإنتاجية يجب أن يكون

باستمرار موضع اهتمام الإدارة على مختلف مستوياتها وليس المحافظة على مستوياتها عند حد معين.

3.5.4.عوامل الإنتاجية:

يوجد العديد من العوامل التي تؤثر على الإنتاجية بالزيادة أو النقصان وهذه العوامل هي التالية:[1]

أ- العوامل العامة:

إن اتباع الطرائق السابقة لزيادة الإنتاجية يقوم على التحكم بمجموعة من العوامل التي تؤثر على الإنتاجية. وتصنف هذه العوامل بعوامل مباشرة وعوامل غير مباشرة، وهي التالية:

1- العوامل المباشرة للإنتاجية: هي تلك العوامل المرتبطة بالعناصر الداخلية، وتقع ضمن سيطرة المنظمة وتحدد كفاية عناصر الإنتاج، وأهمها:

- القوة البشرية ودرجة تأهيلها وانتظامها في العمل وانخفاض معدل دورانها وفعالية برامج تدريبها.
- كثافة العمل وتنوع العمل ووسائل العمل، ودرجة تطور التقانة وبرامج الصيانة، وحالة الطاقة وكيفية استثمارها وتحميلها، ومدى استخدام الآلات والعدد والأدوات الخاصة.
- المواد والطاقة ونوعيتها ودرجة استغلالها.
- العوامل التي تربط عناصر الإنتاج (عملية العمل) مع بعضها، وهي التنظيم والتكنولوجيا والمعلومات والإدارة.

2- العوامل غير المباشرة للإنتاجية: وهي تلك العوامل المرتبطة بالعناصر الخارجية للإنتاجية، وتقع خارج حدود سيطرة المنظمة. وتشكل هذه العوامل

---

[1] Mansour, K., Dissertation Zur Promotion (A) KMU. Leipzig 1989, s.24.

شروط تأثير خارجية لتنفيذ وتطوير مستمر لعملية الإنتاج، وهذه العوامل هي الآتية:

- العوامل المتعلقة بسوق عناصر الإنتاج كالاحتياطات والإمكانات المتاحة في السوق من القوة العاملة ودرجة تأهيلها، والخامات والمواد الأولية ودرجة النوعية، والوسائل والتجهيزات الإنتاجية، ودرجة تطورها، ومدى توافرها، كذلك الأموال، وفرص الاستثمار المتاحة حالياً في المستقبل.
- عوامل التخصص والتنسيق والتكامل والقوانين، وهيكل ترتيب عناصر الإنتاج، وتراكم المعلومات والدراسات ذات الصلة.
- شروط الموقع والمحيط والمناخ الإنتاجي والاستثماري الملائم للنشاط المطلوب.
- التطوير التقاني العلمي وإمكانية استخدامه في العملية الإنتاجية على المدى الطويل.

ب- العوامل التي تؤدي إلى تخفيض الإنتاجية:

يوجد مجموعة من العوامل تقود إلى تخفيض الإنتاجية في المنظمة الصناعية، وتتمثل هذه العوامل بما يلي:

1- محتوى العمل الإضافي الناتج عن السلعة بسبب طريقة تصميم السلعة الخاطئ، أو زيادة عدد الأنماط المصنعة وأنماط الجودة الخاطئة. وتعالج الإدارة تأثير هذه العوامل باتباع سياسات إنتاجية سليمة تقوم على التخطيط، والتحضير الدقيق للتصميم، وتحديد الأنماط ومقاييس الجودة المناسبة.
2- محتوى، العمل الإضافي الناتج عن استخدام الوسيلة بشكل خاطئ، أو اتباع الطريقة الأقل كفاية، أو تصميم العملية بشكل مكلف، أو تخطيط وتنظيم المصنع أو القسم بشكل خاطئ.

3- الوقت غير المثمر بسبب فشل الإدارة (انخفاض مستوى كفاية الإدارة) المتمثل بما يلي:

أ- وضع سياسة تسويقية تتطلب أنواعاً كثيرة غير ضرورية من المنتجات.

ب- فشل الإدارة في تنميط الأجزاء بين السلع أو داخل السلعة الواحدة.

ج- عجز الإدارة عن ضمان أن الرسومات تهذب بطريقة ملائمة، أو أن الشروط ومتطلبات الزبائن تعالج منذ البداية وقبل أن تصل السلعة للزبون بشكل صحيح.

د- فشل الإدارة في تخطيط تدفق العمل والطلب بشكل اقتصادي.

ه- فشل خطط الصيانة الجيدة للآلات والمباني وتأمين ظروف العمل الجيدة.

و- عجز الإدارة عن ضمان توريد الخامات والأدوات وغيرها من الأجهزة الضرورية لتنفيذ العمل بالكمية والوقت والجودة المناسبة.

ز- إهمال الإدارة دورها في اتخاذ الاحتياطات لضمان سلامة العمل والعاملين داخل صالات الإنتاج.

ح- إهمال الإدارة دورها في الاستفادة من نتائج التقدم التقاني العلمي، وتوطين التقانة الحديثة والتكنولوجيا المتطورة.

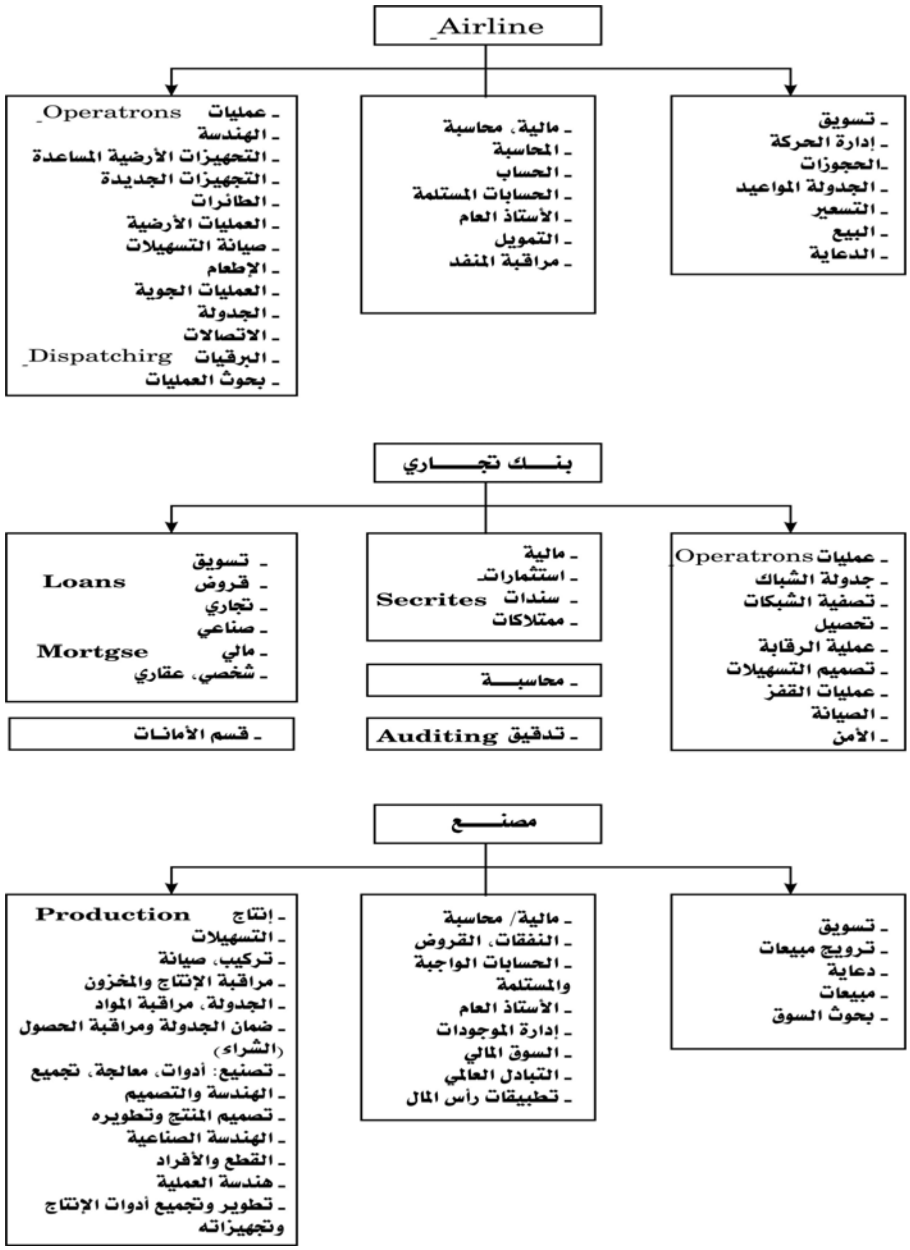
5. تنظيم إدارة العمليات في المنظمة

إن التنظيم الإداري لإدارة العمليات الإنتاجية يأخذ بالحسبان طبيعة العمليات، وطبيعة عمل المنظمة، وطبيعة النظام الإنتاجي القائم فيها. فالتنظيم الإداري لإدارة العمليات (الإنتاج) نظام إنتاج صناعي يختلف عنه لنظام إنتاج خدمي وذلك فيما يتعلق بموقع إدارة العمليات في الهيكل التنظيمي للمنظمة، وكذلك فيما يتعلق بأسماء وطبيعة التقسيمات للوحدات الإدارية التابعة لهذه الإدارة. فمثلاً في منظمة صناعية تسمى الوحدة الإدارية المسؤولية عن إدارة العمليات بإدارة الإنتاج، ويتبع لها أقسام

مختلفة حسب طبيعة وحجم النشاط الإنتاجي الذي تقوم بـه المنظمـة. إمـا في منظمـة خدمية - مثلاً شركة طيران - فإن الإدارة المسؤولة عن إدارة العمليات تسمى بإدارة العمليات، وكذلك الأمر في بنك تجاري. والشكل (1-5) يوضح تلك الاختلافات.

إن المدير المسؤول عن إدارة العمليات يسمى مدير العمليات أو مدير الإنتاج، وغالبـاً مـا يحتل المستوى الإداري الثاني، ويكون عادة صاحب خبرة وكفاءات إدارية عاليـة (إمـا مهنـدس إنتاج أو إدارة أعمال).

شكل (1-5) تنظيم إدارة العمليات



خرائط تنظيمية (أ) في شركة طيران، (ب) في بنك، و (جـ) في مصنع

Source: Joy Heizer, Barry Render (1995) P.8

أسئلة الفصل الأول

1- عرف كل مما يلي:
   أ- إدارة العمليات
   ب- الإنتاج المادي
   ج- الإنتاج الخدمي
   د- نظام الإنتاج الصناعي
   ه- نظام الإنتاج الخدمي
   و- نمط الإنتاج
   ز- النشاط الإنتاجي
   ح- الإنتاجية
   ط- الكفاية
2- اذكر أهم المواضيع التي تتناولها إدارة العمليات الإنتاجية.
3- وضّح الفرق بين نظام الإنتاج الصناعي ونظام الإنتاج الخدمي.
4- وضّح الفرق بين نمط الإنتاج بالدفعات ونمط الإنتاج الجاري.
5- اذكر خمس منظمات محلية تتبع نظام الإنتاج الصناعي، وخمس منظمات تتبع نمط الإنتاج المستمر.
6- اذكر ثلاثة شركات تتبع نمط الإنتاج بالدفعات، وثلاث شركات تتبع نمط الإنتاج المستمر.
7- وضح الصيغة التنظيمية لأداء العمليات في البنك العربي، وذلك بوضع صيغة تنظيمية عامة للإدارة العليا فيها.
8- وضح الصيغة التنظيمية في شركة MEC الأردنية لإدارة الإنتاج، وذلك بوضع صيغة تنظيمية عامة للإدارة العليا فيها.

مراجــع الفصل الأول

1- المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، 2000.

2- 2. Aple, Uday. "Operations Management course Notes. "Southern Methodist University, 1993.

3- Chase Reichard B. and Nicholas Aquilano J., " Production and Operations Management, 7thed McGraw Hill traawin, New York, 1997.

4- Nieble, Benjamin W. Motion and Fime Study. 9thed Homewood [LiRICHARDb. Irwin. 1993.

5- Everett, Adem, J.C., Production and operations Management, 5thed , New jersey, 1992.

6- Heizer Ray, Render Barry, Production and Operations Management, 5thed, Prentice Hall, New Jersey, 1995.

7- Norman Gaither, Production and Operations Management, 6th ed. In Dryden Press. New York, 1995.

8- Robertas. Russel and Bernanrd, W. Taylor III, Production and Operations Management, Englewood Clifs, New jersey.1995.

9- Turben E. Mclean E. Wethrbe, J, Information Technology for Management, John Wifey and sons , Inc. New Jersey, 1997.

الفصل الأول

نظرية الإنتاج والتكاليف

العناوين الرئيسة:

1- مفهوم الإنتاج
2- تابع الإنتاج
3- قانون المردود غير المتناسب
4- مفهوم تكاليف الإنتاج
5- تصنيف تكاليف الإنتاج
6- تحليل التعادل
7- تخطيط الطاقة الإنتاجية
8- قرار الحجم الاقتصادي للإنتاج
9- المعدل الأمثل للإنتاج.
10- الحجم الأمثل للعمليات.

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- توضيح مفهوم نظرية الإنتاج وأهميتها في قرار المزيج الأمثل للإنتاج.
2- شرح كيفية استخدام قانون المردود غير المتناسب في رسم حدود التوقف عن الإنتاج.
3- شرح أهم مصطلحات التكاليف، وتوضيح بنود تكاليف الإنتاج والعلاقات بين تلك البنود.
4- شرح كيفية استخدام تحليل التعادل في تخطيط الطاقة الإنتاجية للمنظمة في حالة تقديم منتج وحيد أو في حالة تعدد المنتجات.
5- شرح أهم العوامل التي تؤثر على قرار الحجم الاقتصادي للإنتاج.
6- توضيح استخدامات تحليل التعادل في تخطيط الطاقة الإنتاجية للمنظمة في حالة تقديم منتج وحيد أو في حالة تعدد المنتجات.
7- توضيح وشرح متطلبات المعدل الأمثل للإنتاج والحجم الأمثل للإنتاج.

الفصل الثاني
نظرية الإنتاج والتكاليف

1. مفهوم نظرية الإنتاج

تتناول نظرية الإنتـاج Production Theory دراسـة سـلوك المنظمـة، بوصـفها الوحـدة الاقتصادية الرئيسة التي تقوم بعمليات التحويـل المختلفـة للمـوارد التـي تحصـل عليهـا مـن البيئة المحيطة، لتقدمها عـلى شـكل مخرجـات (سـلع، خـدمات) ذات قيمـة سـوقية جديـدة وبالتالي الحصول على الربح الذي تطوّر به عملياتها.

تتكون نظرية الإنتاج من مجموعة المبـادئ والأسـس العلميـة التـي تقـوم عليهـا عمليـة الإنتاج، وهي موازية لنظرية طلب المستهلك ومشتقة منها لكن مع بعض الفروق، وكـما هـي موضحة في الجدول (2-1).

جدول رقم (2-1) مقارنة بين نظرية الإنتاج ونظرية المستهلك

	نظرية الإنتاج		**نظرية المستهلك**	
	العناصر الأساسية	**الخصائص**	**العناصر الأساسية**	**الخصائص**
الفاعل	المنتج (المنظمة)	يمثل الوحدة الاقتصادية التي يقع عليها التحليل	المستهلك	يمثل المستهلك الفرد موضوع دراسة الطلب
المفعول به	الموارد	غير محدودة ويرمز لها بالتكاليف وهي متغيرة	الدخل	محدود وثابت
الفعل	الإنفاق	الحصول على عناصر الإنتاج	الإنفاق	الحصول على السلع والخدمات
سلوك التابع	تابع الإنتاج	يعبر عن المستويات الممكنة لكمية إنتاجها (المنظمة)	تابع المنفعة	يترجم سلم تفضيلاته (المستهلك)
الحجم	التكاليف	ترتبط بكميات عوامل الإنتاج المستخدمة في حالة المزاحمة التامة	النفقات	ترتبط بكميات المنتجات التي يشتريها مع ثبات الأشياء الأخرى
التابع	تابع الإنتاج	الإنتاج قابل للقياس الكمي لهذا تابع الإنتاج يقيس قيماً موضوعية	تابع المنفعة	المنفعة ذات طبيعة ذاتية وغير قابلة للقياس الكمي، لهذا تابع المنفعة يقيس التطور التاريخي للمنفعة
المستفيد	مستهلك وسيط		مستهلك نهائي	
الهدف	الإنتاج	الحصول على أعظم ربح ثم أعلى ناتج كلي	المنفعة	أعظم منفعة

من الجدول (2-1) نلاحظ إن الهدف من دراسة نظرية الإنتاج مشابهة للهدف من دراسة نظرية المستهلك، وهو دراسة سلوك المنظمة في حالة الإنفاق للحصول على الموارد المختلفة لعملياتها الإنتاجية، ونوضح ذلك بالجدول (2-2) الآتي:

جدول (2-2) الهدف من نظرية الإنتاج

	نظرية الإنتاج	**نظرية المستهلك**
الهدف	الاستخدام الأمثل للموارد كيف؟	الانتفاع الأمثل من الدخل كيف؟
الطريقة	* الموازنة بين الإنتاج الحدي والأسعار لعناصر الإنتاج (الإنتاج الحدي)	* الموازنة بين المنفعة الحدية والأسعار للسلع والخدمات (المنفعة الحدية)
معادلة التوازن	توضيح: بفرض أن عناصر الإنتاج هي: أ، ب، ج. وأن الإنتاج الحدي لهذه العناصر هو: ح أ/ح ب/ ح ج وإن تكاليف الحصول على هذه العناصر هي كما يلي: ت أ/ ت ب/ ت ج فإن الموازنة تتم باستخدام القانون التالي: يتحقق أقصى إنتاج حدي من إنفاق الموارد على شراء عناصر الإنتاج عندما تتحقق المعادلة التالية: $\frac{\text{ح أ}}{\text{ت أ}} = \frac{\text{ح ب}}{\text{ت ب}} = \frac{\text{ح ج}}{\text{ت ج}}$	توضيح: بفرض أن السلع والخدمات هي: أ، ب، ج. وإن المنافع هي: م أ/ م ب/ م ج وإن الأسعار لهذه السلع هي كما يلي: س أ/ س ب / س ج فإن الموازنة تتم باستخدام القانون التالي: تتحقق أقصى منفعة حدية من إنفاق الدخل على شراء السلع والخدمات عندما تتحقق المعادلة التالية: $\frac{\text{م أ}}{\text{س أ}} = \frac{\text{م ب}}{\text{س ب}} = \frac{\text{م ج}}{\text{س ج}}$

ونخلص من ذلك إلى أن أهمية دراسة نظرية الإنتاج تتمثل في الوصول إلى القرار المتعلـق بمعدل الإنتاج الأمثل، ومزيج الإنتـاج ذو الكلفـة الأقـل الـذي يحقـق أعـلى كفايـة اقتصـادية بصرف الموارد على شراء عناصر الإنتاج واستخدامها في العملية الإنتاجية.

المزيج الأمثل لعناصر الإنتاج هو المزيج الذي يتحقق عند توازن المنظمة الذي يمكنها من الحصول على أكبر عائد ممكن، وذلك إما بالحصول على أكبر ناتج ممكن مقيد بميزانية إنفـاق معينة، أو بالتواصل إلى أخفض تكلفة ممكنة من أجل ناتج كلي معين.

والقاعدة العامة لتحقيق التوازن تقول:

يتحقق توازن المنظمة عندما يتعادل الناتج الحدي للعنصر (أ) منسوباً إلى تكلفة العنصرـ (أ) مع الناتج الحدي للعنصر (ب) منسـوباً إلى تكلفـة العنصرـ (ب) وهكـذا. أو بشـكل آخـر يتحقق توازن المنظمة عندما تتعادل النواتج الهامشية لعناصر الإنتـاج منسـوبة إلى تكاليفهـا، وذلك وفق الصيغ الرياضية التالية:

$$\frac{\text{الإنتاج الحدي للعنصر أ}}{\text{تكلفة العنصر أ}} = \frac{\text{الإنتاج الحدي للعنصر ب}}{\text{تكلفة العنصر ب}} = \ldots\ldots = \frac{\text{الإنتاج الحدي للعنصر ن}}{\text{تكلفة العنصر ن}}$$

مثال (2-1):

في الجدول (2-3) أدناه بيانات تتعلق بالعناصر المستعملة في إنتاج السلعة (س):

العنصر (أ) بالوحدات	الإنتاج الحدي لـ (أ) وحدات من (س)	العنصر (ب) بالوحدات	الإنتاج الحدي لـ (ب) وحدات العنصر من (س)
5	250	10	110
6	220	11	100
7	180	12	90
8	160	13	70
9	150	14	50
10	100	15	40
11	0	16	0

ولقد كانت تكلفة العنصر (أ) (15) دينار للوحدة، وتكلفة العنصر (ب) (5) دينار للوحدة. والمبالغ التي سوف تنفق أسبوعياً للحصول على هذه الموارد هي (60.000) دينار أسبوعياً.

المطلوب:

ما هو المزيج الأمثل لعناصر الإنتاج (أ، ب) الذي يجب أن تستعمله المنظمة؟ وكم يجب أن تشتري من العنصر (أ) و العنصر (ب) أسبوعياً؟

الحل:

نطبق القاعدة العامة للتوازن:

$$\frac{\text{الإنتاج الحدي للعنصر أ}}{\text{تكلفة العنصر أ}} = \frac{\text{الإنتاج الحدي للعنصر ب}}{\text{تكلفة العنصر ب}}$$

ونضع النتيجة بالجدول (2-4) الآتي:

الإنتاج الحدي للعنصر (أ) (1)	تكلفة العنصر (أ) (2)	النتيجة (2/1) (3)	الإنتاج الحدي للعنصر (ب) (4)	تكلفة العنصر (ب) (5)	النتيجة (5/4) (6)	ملاحظات (7)
250	15	16.6	110	5	22	-
220	15	14.6	100	5	20	-
180	15	12	90	5	18	-
160	15	10.6	70	5	14	-
150	15	10	50	5	10	التوازن 10 = 10
100	15	6.6	40	5	8	-
0	0	0	0	5	0	-

من الجدول أعلاه نلاحظ أن توازن المنظمة يتم في حالة الإنفاق على مزيج مؤلف من (9) وحدات من العنصر (أ) و (14) وحدة من العنصر (ب)، وهذا المزيج يحقق معادلة التوازن، وتكون تكلفته الإجمالية كما يلي:

تكلفة وحدات العنصر أ + تكلفة وحدات العنصر ب

(9 × 15) + (14 × 5) = 205 دينار

وتكون نسبة الإنفاق على العنصر (أ) كما يلي:

(9 × 15) ÷ 205 = 66%

وبالتالي فإن إجمالي الإنفاق على العنصر (أ) = 66% × 60.000

= 39,600 دينار

ويكون عدد الوحدات من العنصر (أ) = 15/39,600

= 2,640 وحدة

أما نسبة الإنفاق على العنصر (ب) فهي كما يلي:

(5 × 14) ÷ 205 = %34

وبالتالي فإن إجمالي الإنفاق على العنصر (ب) = %34 × 60.000

= 20,400 دينار

ويكــون عـدد الوحـدات من العنصر (ب) = 20,400 ÷ 5

= 4,080 وحدة

2. تابع الإنتاج Production Function

يشير تابع الإنتاج إلى العلاقـة بـين المـدخلات (المـوارد) الداخلـة إلى المنظمـة والمخرجـات (الإنتاج) الناتجة عن عملية التحويل في المنظمة خلال فترة زمنية محددة، مع إهمال الأسـعار في هذه العلاقة.

إن القرار الأساسي الذي يسبق قرار تحديـد الإنتـاج الأمثـل في المنظمـة هـو قـرار اختيـار التركيب الأمثل لعناصر الإنتاج الذي يتم بموجبه تحقيق الإنتاج المطلوب، وذلك في حالـة كـان هناك خيارات متعددة للتوفيق بين عناصر الإنتـاج، حيـث يمكـن لكميـة مـن عنصرـ مـا مـن عناصر الإنتاج أن تتوافق مع كميات مختلفة من العناصر الأخرى. وبالتالي يمكن الحصول على ذات الكمية من المنتجات انطلاقاً من تراكيـب مختلفـة وعديـدة مـن عنـاصر الإنتـاج. ولكـن هناك حالات تكون بموجبها نسب التوفيـق بـين عنـاصر الإنتـاج ثابتـة وذلـك لأسـباب تقنيـة. وعليه فإن هناك حالتين لتحقيق التركيب الأمثل لعنـاصر الإنتـاج، وبالتـالي هنـاك نـوعين مـن توابع الإنتاج هما:

- توابع الإنتاج ذات المعاملات الفنية الثابتة.
- توابع الإنتاج ذات المعاملات الفنية المتغيرة.

أ. في الحالة الأولى: يتم التوفيق بين عناصر الإنتاج في علاقة تكاملية تنعدم معها كل إمكانية للإحلال والإبدال بين العناصر. وعليه فإن أي تغيير في حجم الإنتاج يتطلب تغيراً بنفس النسب للكميات المستخدمة من مختلف عناصر الإنتاج، وذلك من أجل الحفاظ على ثبات التركيب الإنتاجي لعوامل الإنتاج الوحيد المقبول فنياً، وذلك كما هو الحال في صناعة الأدوية والأسلحة.

ب. في الحالة الثانية: يتم التوفيق بين عناصر الإنتاج على إمكانية الإحلال والإبدال بين عوامل الإنتاج باعتبار أن تكنولوجيا الإنتاج تسمح بذلك. وعلى إدارة المنظمة استخدام أفضل طريقة لربط عناصر الإنتاج الموجودة لديها، كما هو الحال في صناعة الأدوات الكهربائية، والأثاث المنزلي والأدوات المنزلية.

نشير إلى أن تابع الإنتاج لا يتأثر فقط بكميات عناصر الإنتاج المستخدمة، وإنما أيضاً بالطريقة والشكل الذي يتم بموجبه التوفيق بين هذه العناصر، وعليه فإن تابع الإنتاج يمكن أن يتمثل في العلاقة التالية:

الإنــتاج = % (عناصر الإنتاج)، أو

ن = ع (أ، ب، ج)

وتقرأ هذه المعادلة على الشكل التالي:

أن كمية الإنتاج (ن) المنتجة في وحدة معينة من الزمن، تتوقف على الكميات المستخدمة من عناصر الإنتاج (أ، ب، ج) في المنظمة خلال وحدة الزمن نفسها.

ونستنتج من هذه المعادلة بأن كمية الإنتاج التي يمكن أن تنتجها منظمة ما خلال فترة زمنية يتوقف على كميات عناصر الإنتاج المستخدمة في هذه المنظمة. وإذا ما أرادت المنظمة زيادة أو إنقاص كمية الإنتاج المستخدمة، فإنه يتوجب عليها زيادة أو إنقاص كمية عناصر الإنتاج المستخدمة. أو يمكن أن تزيد الإنتاج بتحسين الطرائق والأساليب المستخدمة في العملية الإنتاجية، وذلك بزيادة كمية الإنتاج من خلال استخدام نفس الموارد، لأن عناصر الإنتاج غالباً ما يمكن أن تمزج في نسب

مختلفة لإنتاج سلعة ما. وعلى إدارة المنظمة مزج العناصر بالطريقة والشكل الذي يضمن تحقيق أعلى إنتاجية. وهذا يتطلب تحقيق ما يعرف بالمزيج ذو الكلفة الأقل من عناصر الإنتاج في العملية الإنتاجية.

3. قانون المردود غير المتناسب (قانون العوائد المتزايدة والمتناقصة)

ينص هذا القانون على أنه إذا زيد أحد عناصر الإنتاج المستخدمة في عملية إنتاج ما مع بقاء العناصر الأخرى ثابتة فإن مقدار الزيادة في الإنتاج الكلي الناتجة عن إضافة وحدة من عنصر الإنتاج المتغير تتزايد أولاً إلى حد ما، ثم تأخذ في التناقص بعد هذا الحد.

في الواقع فإن معظم الفعاليات الإنتاجية تمر بثلاث مراحل، وهي الآتية:

- المرحلة الأولى: يكون العائد متزايداً بمعدل متزايد، والتكاليف متزايدة بمعدل متناقص.
- المرحلة الثانية: يكون العائد متزايداً بمعدل متناقص إلى أن يبلغ نهايته العظمى، والتكاليف متزايدة بمعدل متزايد.
- المرحلة الثالثة : يكون العائد متناقص، والتكاليف متزايدة باستمرار.

مثال (2-2):

بفرض أنه لدينا عنصري إنتاج (أ) ثابت الأرض، و (ب) متحول العمال، تم استخدامها في عملية إنتاجية في نسب متغيرة من العنصر المتحول (ب). وكانت النتائج كما في الجدول (2-5) الآتي:

جدول (2-5)

وحدات العنصر الثابت (أ) لأرض (20) دونم (1)	وحدات العنصر المتحول (ب) العمال (2)	الإنتاج الكلي (3)	الإنتاج الحدي (4)	معدل الإنتاج (5)	المراحل (6)
20	1	10	10	10	المرحلة الأولى
20	2	26	16	13	
20	3	57	31	19	
20	4	92	35	23	
20	5	125	33	25	المرحلة الثانية
20	6	150	25	25	
20	7	168	18	24	
20	8	176	8	22	
20	9	176	0	19	المرحلة الثالثة
20	10	170	6-	17	

حيث أن:

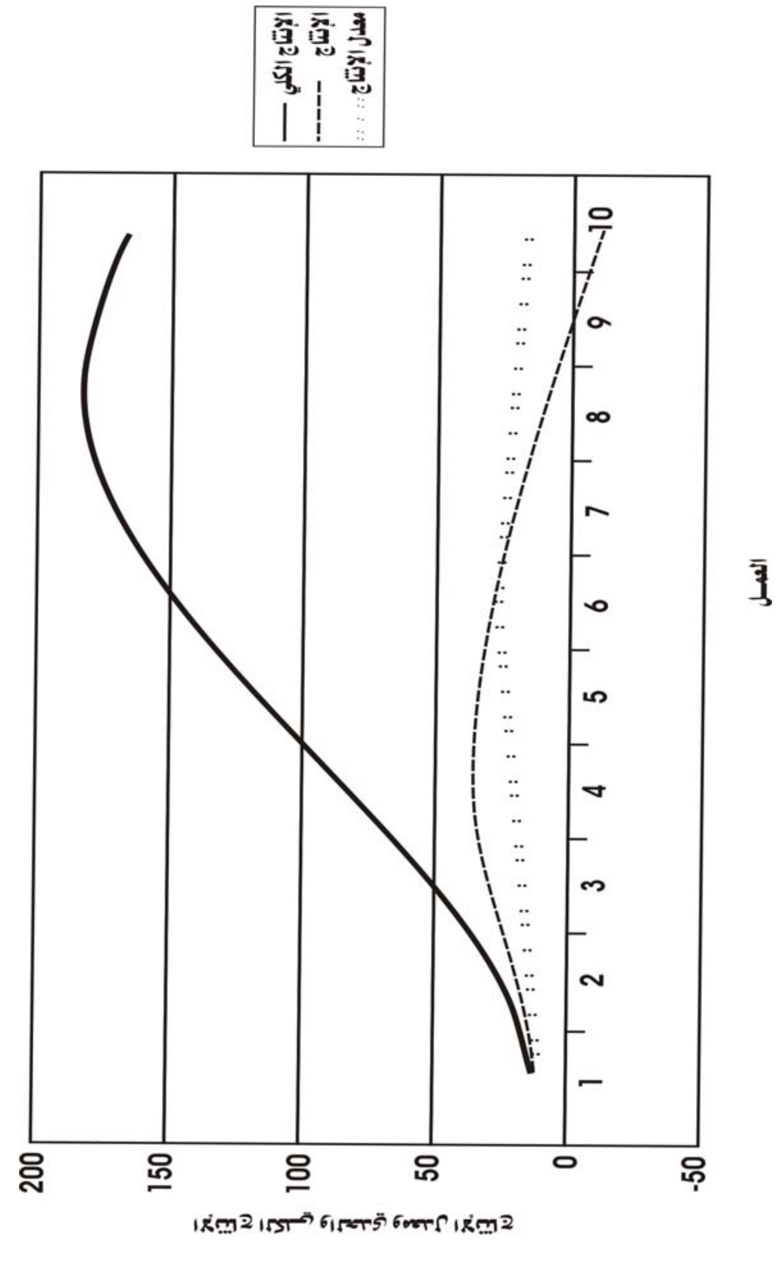
أ- الناتج الكلي: هو مجموع النواتج الهامشية أو حاصل ضرب الناتج الوسطى الأخير بعدد الوحدات المستخدمة من عنصر الإنتاج المتغير.

ب- الناتج الحدي: هو الإضافة إلى الناتج الكلي الناجمة عن استخدام وحدة إضافية من العنصر المتغير مع بقاء العناصر الأخرى ثابتة.

ج- معدل الإنتاج: هو حاصل قسمة الناتج الكلي على الوحدات المستخدمة من العنصر المتغير للحصول على هذا الناتج الكلي.

ويتم تمثيل الحل بيانياً كما في الشكل (2-1) الآتي:

شكل (2-1)



الإنتاج الكلي
الإنتاج
معدل الإنتاج
العمل
200
150
100
50
0
-50
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

4. مفهوم تكاليف الإنتاج Production Costs

تعرف تكاليف الإنتاج بأنها " قيمة ما تدفعه المنظمة للحصول على عناصر الإنتاج اللازمة لعملياتها"، وتأخذ شكلين هما:

أ- التكلفة البديلة: وهي قيمة السلع البديلة المضحى بها، والتي يمكن إنتاجها بنفس الموارد المستخدمة لإنتاج السلعة الحالية، على أن يكون استخدام هذه الموارد بأفضل استخدامات بديلة لها.

مثال (2-3):

لدى منظمة صناعية موارد إنتاج بقيمة 10.000 دينار، وبإمكان هذه المنظمة إنتاج نوعين من السلع (ثلاجات، غسالات). والإنتاج يباع بالكامل، وكمية الإنتاج هي إما (100) غسالة أو (150) ثلاجة.وسعر البيع للغسالة (120) دينار، وسعر بيع الثلاجة (100) دينار.

المطلوب:

1- حساب التكلفة البديلة لإنتاج الغسالات والتكلفة البديلة لإنتاج الثلاجات.

2- ما هو القرار الواجب اتخاذه في هذه الحالة وما هو الربح المتحقق.

الحل:

المنتجات	الموارد (دينار)	الكمية المنتجة (وحدة)	سعر البيع (دينار)	قيمة الإنتاج (دينار)	التكلفة البديلة (دينار)
الغسالات	10.000	100	120	12000	12000
الثلاجات	10.000	150	100	15000	15000

1- التكلفة البديلة لإنتاج الغسالات 15000 دينار والتكلفة البديلة لإنتاج الثلاجات 12000 دينار.

2- القرار الصحيح إنتاج الثلاجات لأن التكلفة البديلة لها أقل، والربح المتحقق

= قيمة الإنتاج – التكلفة البديلة

= 15,000 – 12,000 = 3000 دينار

ما هي نتيجة اختيار الغسالة كسلعة بديلة؟

= 12.000 – 15.000 = 3000 دينار خسارة

ب- التكاليف الظاهرة والتكاليف الضمنية: يمكن تصنيف التكاليف على الشكل التالي:

- التكاليف الظاهرة : وهي قيمة ما تدفعه المنظمة للحصول على عناصر الإنتاج، أو استئجارها بهدف الإنتاج (مثل تكاليف شراء الآلات والمواد، والتجهيزات)، وتظهر في حسابات المنظمة وميزانيتها الختامية.

- التكاليف الضمنية: وهي قيمة المواد الذاتية التي تستخدمها المنظمة في الإنتاج (كقيمة إيجار البناء في حالة كان البناء ملك لصاحب المشروع، أو قيمة جهد صاحب المشروع غير المدفوع)، ولا تظهر في حسابات المنظمة أو ميزانيتها الختامية.

5. تصنيف تكاليف الإنتاج Costs Classification

تصنف تكاليف الإنتاج – في عملية تحليل التكاليف- إلى مجموعتين وهما:

المجموعة الأولى (التكاليف الرئيسة):

وهي عناصر التكاليف الممثلة لمعادلة التكاليف الرئيسة التالية:

$$Tc = F + A_Q$$

حيث أن:

Tc = إجمالي التكاليف	Total Costs
F = التكاليف الثابتة	Fixed Costs
V_Q = التكاليف المتغيرة	Variabl

Costsالتكاليف الكلية: وهي إجمالي التكاليف التي تتحملها المنظمة لإنتاج منتج ما سواء أكانت تكاليف مباشرة أو غير مباشرة، أو تكاليف ثابتة وتكاليف متغيرة.

ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$Tc = F + V_Q$$

أ- التكاليف الثابتة الكلية: وهي إجمالي المصروفات الإدارية، والاستهلاك والإيجار وغيرها من المصاريف التي لا تتأثر بتبدل حجم الإنتاج. أي هي قيمة الموارد الثابتة المستخدمة في الإنتاج (كإيجار المصنع والتأمين... الخ)، والتي تدفع بصرف النظر عن كمية الإنتاج. ويعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$F = Tc - V_Q$$

ب- التكاليف المتغيرة الكلية: وهي إجمالي قيمة الموارد التي تدخل مباشرة في الإنتاج، وتتأثر بتبدل حجم الإنتاج. أي هي قيمة الموارد المتغيرة المستخدمة في الإنتاج (كقيمة المواد الأولية، وكلفة العمل المباشر). وتعرف أيضاً بالتكاليف المتحولة، وتقسم إلى نوعين هما:

التكاليف المتناسبة: أي التي يكون تغيرها متناسباً مع الكمية المنتجة بالزيادة أو النقصان، مثل تكاليف شراء المواد الأولية.

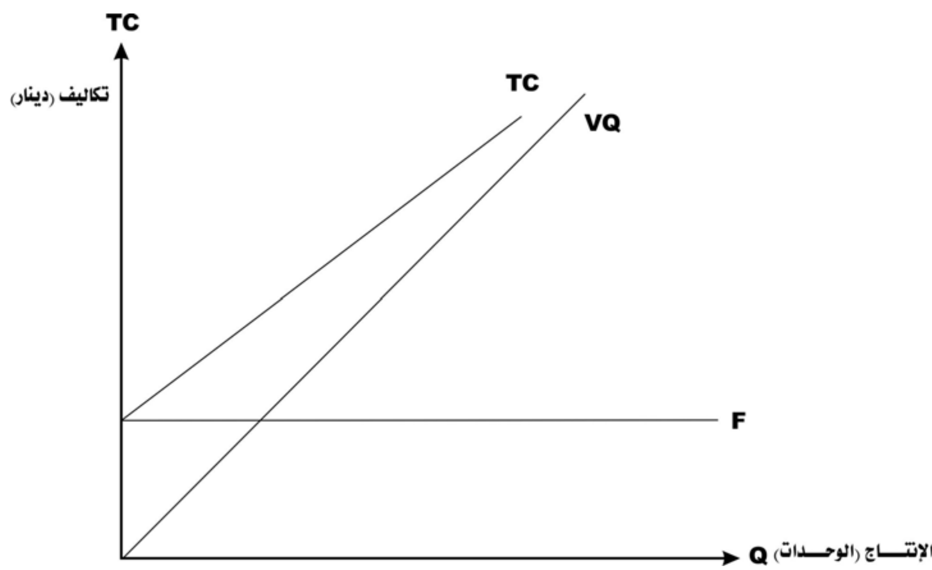
التكاليف غير المتناسبة: هي تلك التي ترتبط ببعض عناصر الإنتاج بخاصة بعنصر العمل. فالمنظمة تنفق على اليد العاملة أكثر كلما ازداد عدد هذه القوى المستخدمة فيها، غير أن هذه الزيادة مع الكلفة الكلية لا تتم بصورة متناسبة كما هو

الحال بالنسبة للمواد الأولية. مثلاً، وإنما تتبع بسلوكها قانون العائدات المتناقصة (قـانون المردود غير المتناسب)، وذلك لأسباب سوف نوضحها في تبذيرات الحجم.

يعبر عن التكاليف المتغيرة بالعلاقة التالية:

VQ - Tc = F

ويمكن إيضاح العلاقة بين الأنواع الثلاثة للتكاليف بيانياً كما في الشكل (2-2) التالي:



شكل (2-2) العلاقة بين أنواع التكاليف

المجموعة الثانية (التكاليف المشتقة):

وهي عناصر التكاليف الممثلة لمعادلة التكاليف بدلالـة حجـم الإنتـاج (Q)، والتـي يعـبر عنها بالعلاقة التالية:

$$\frac{Tc}{Q} = \frac{F}{Q} + \frac{V}{Q}$$

حيث أن :

Costs Average معدل التكاليف = $\frac{V}{Q}$

Fixed Costs Per Unit التكلفة الثابتة بالوحدة = $\frac{F}{Q}$

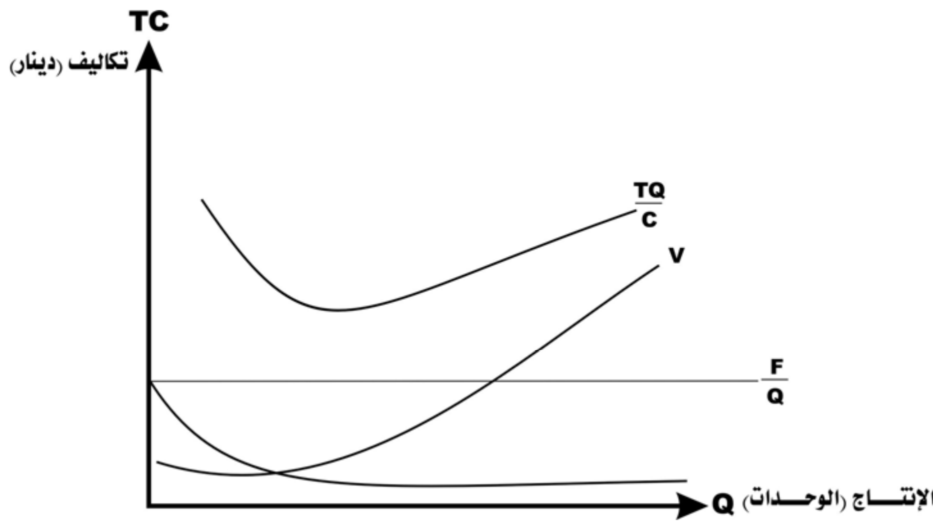
Variable Costs Per Unit التكلفة المتغيرة بالوحدة = $\frac{Tc}{Q}$

ج- معدل التكاليف: يعرف معدل التكاليف بأنه متوسط التكلفة بالوحدة، وينتج من قسمة التكاليف الإجمالية على عدد الوحدات المنتجة ($\frac{Tc}{Q}$). وهو بالتالي مجموع التكلفة الثابتة بالوحدة، والتكلفة المتغيرة بالوحدة.

د- التكلفة الثابتة بالوحدة: وهي ناتج قسمة التكلفة الثابتة الكلية على عدد الوحدات المنتجة ($\frac{F}{Q}$). وهذا الناتج ينخفض كلما ازداد عدد الوحدات المنتجة، والعكس صحيح.

ه- والتكلفة المتغيرة بالوحدة: وهي ناتج قسمة التكلفة المتغيرة الكلية على عدد الوحدات المنتجة ($V = \frac{V_Q}{Q}$).

وعملياً يمكن إيضاح العلاقة بين معدل التكاليف والتكلفة الثابتة بالوحدة، والتكلفة المتغيرة بالوحدة رياضياً وبيانياً كما في الشكل (2-3) التالي:



شكل (2-3) العلاقة بين التكاليف المشتقة

و- التكلفة الحدية: وهي قيمة التبدل في التكاليف الكلية نتيجة تبدل وحدة واحدة في الإنتاج (Tc)، أو هي قيمة التبدل الحاصل في التكاليف المتغيرة الكلية نتيجة تبدل وحدة واحدة في الإنتاج (VQ+).

6. تحليل التعادل Break - even - analysis

يعد تحليل التعادل أسلوب رياضي بياني يقوم على العلاقة بين تكاليف الإنتاج والإيرادات لأحجام مختلفة من الإنتاج، تقدمها الوحدة الإنتاجية، ويستخدم لأغراض عديدة. وعناصر هذا التحليل هي التالية:

BEP (Q) =	حجم التعادل (وحدات)	Breakeven Point in Units
BEP ($) =	قيمة التعادل (دينار)	Breakeven Point in Dollars
P =	سعر الوحدة (دينار)	Price Per Unit
Q =	عدد الوحدات المنتجة	The Number of Units Produced
TR =	إجمالي الإيرادات = P_Q	Total Revenue

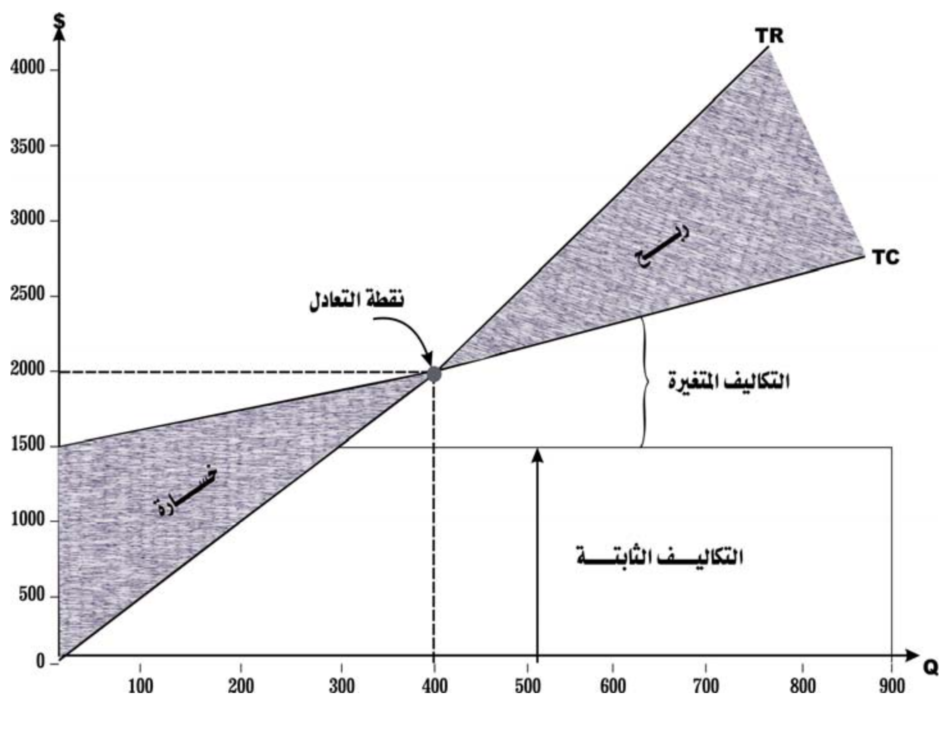
Fixed Costs	التكاليف الثابتة	= F
Variable Costs Per Unit	التكلفة المتغيرة بالوحدة	= V
Total Costs	إجمالي التكاليف =	= Tc

وعند نقطة التعادل تكون إجمالي الإيرادات مساوية لإجمالي التكاليف، وكما هـو موضـح بالشكل (2-4) والعلاقات التالية:

$$TR = Tc$$

أو

$$PQ = F + VQ$$



شكل (2-4) نقطة التعادل عند حجم إنتاج Q

$$(P - V)\,Q = F$$

وبالتالي فإن كمية التعادل تكون :

$$BEP\ (Q) = \frac{F}{P - V}$$

وتكون قيمة التعادل كما يلي:

$$BEP_{(\$)} = BEP_{(Q)}\ P$$

$$= \frac{F}{P - V}\ P = \frac{F}{(P - V)/p}$$

$$= \frac{F}{(P - V)/p}$$

ويكون الربح كما يلي:

$$TR - Tc$$

$$= P_Q - (F + V_Q)$$

$$= P_Q - F - V_Q$$

$$= (P - V)_Q - F$$

7. تخطيط الطاقة الإنتاجية

إن تخطـيط الطاقــة الإنتاجيــة يقــع تحــت مصــطلح اقتصــاد العمليــات والتكــاليف Operations Economics and Costs والموضـحة في الشـكل (2-5). ويـأتي ذلـك في إطـار اقتصاد العمليات في حالة إنتاج منتج وحيد، أو في حالة إنتاج عدة منتجات.

1-7 حالة إنتاج منتج وحيد Product –Single Case

مثال (2-4):

تنتج شركة النصر كمبيوتر متطور جداً، وبتكلفـة متغـيرة بالوحـدة 5000 ل.س وتكـاليف ثابتة 25000.000 ل.س. وسعر بيع الوحدة 50.000 ل.س. المطلوب:

أ) تحديد حجم التعادل وقيمة التعادل.

ب) بيان وضع الشركة (ربح أو خسارة) في حالة إنتاج 20.000 وحدة سنوياً.

الحل:

أ)

$$BEP\ (Q) = \frac{F}{P - V} = \frac{25.000.000}{50.000 - 5000} = 556$$

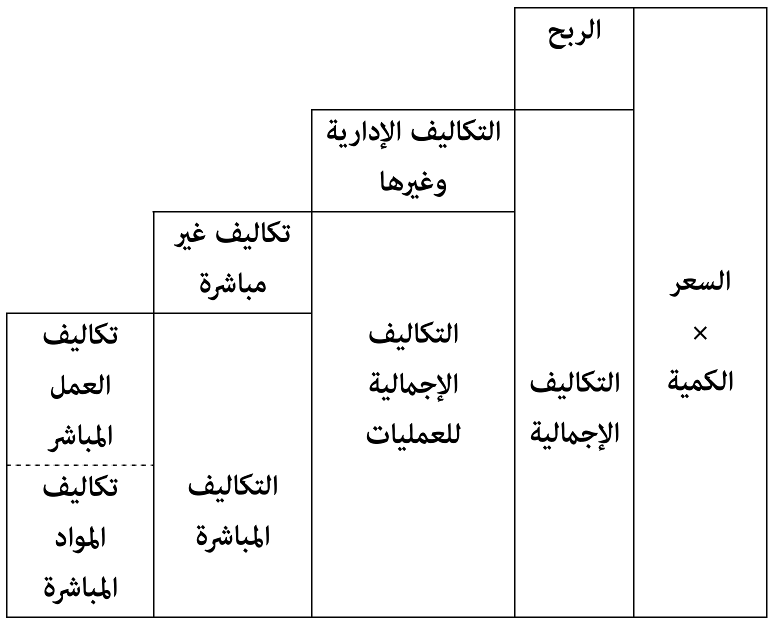
BEP ($) = 556 × 50.000 = 27.800.000 ل.س

ب) نتيجة العمل:

$$TR - Tc = P_Q - (F + V_P)$$

= (50.000 × 20.000) – (25.000.000 + 5000 × 20.000)

= 875.000.000 ل.س ربح



الشكل (2-5) العمليات والتكاليف

Source : *Ray Wild Essentials of Production Operations Management* , *4thed Cassell London, 1998, P.49*

2-7 حالة تعدد المنتجات Multiproduct Case

معظم المنظمات تقدم (تنتج) عدة منتجات في نفس الوقت. ويكون لكل منتج تكلفة متغيرة بالوحدة محددة، وسعر معين. وتلجأ تلك المنظمات إلى استخدام تحليل التبادل لتحديد الحد الأدنى للإنتاج الذي يجب أن لا يقل عنه الإنتاج مهما كانت ظروف العمل، لأن ذلك يؤدي إلى تحقيق خسائر أكيدة للمنظمة.

يقوم تحليل التعادل في هذه الحالة على استخدام المعادلة التالية:

$$BEP(\$) = \frac{F}{\sum\left[\left(1-\frac{Vi}{Pi}\right)\times(Wi)\right]}$$

حيث أن:

V = التكلفة المتغيرة بالوحدة Variable Cost Per Unit

P = سعر الوحدة Price Per Unit

F = التكلفة الثابتة Fixed Cost

W= نسبة كل منتج لإجمالي المبيعات Percent Each Product In Of Total Sale

= I Each Product

مثال (2-4):

أخذت البيانات حول تكلفة أربع وجبات يقدمها مطعم جبري على الغداء يومياً وهذه التكاليف هي5.500 دينار تكاليف ثابتة شهرياً والأسعار، والتكاليف المتغيرة، وعدد الوجبات المقدمة شهرياً كما هي واردة بالجدول التالي:

الوجبات	السعر (دينار)	التكلفة المتغيرة	المبيعات المتوقعة (وحدات)
أ	3.85	1.50	8.000
ب	1.95	1.05	7.000
حـ	1.50	70	10.000
د	2.00	1.10	11.000

المطلوب:

1- تحديد مساهمة كل وجبة في المبيعات باستخدام تحليل التعادل

2- تحديد حجم التعادل السنوي وقيمة المبيعات اليومية التي تحقق التعادل

الحل:

1	2	3	4	5	6	7	8
الوجبة (1)	سعر البيع ($)	التكاليف المتغيرة ($)	(V/P)	1-(VIP)	المبيعات المتوقعة $	Wi % المبيعات	$(W)(1-\frac{V}{P})$ (7)×(5)
أ	3.10	1.50	0.48	0.52	24.800	0.330	0.171
ب	1.90	1.05	0.55	0.45	13.300	0.177	0.079
جـ	1.50	0.70	0.47	0.53	150.00	0.199	0.105
د	2.00	1.10	0.55	0.45	22.000	0.292	0.131
					75.100	1.00	0.486

$$BEP(\$) = \frac{F}{\sum\left[\left(1-\frac{Vi}{Pi}\right)\times(Wi)\right]}$$

$$= \frac{5.500 \times 12 \text{ شهر}}{0.486}$$

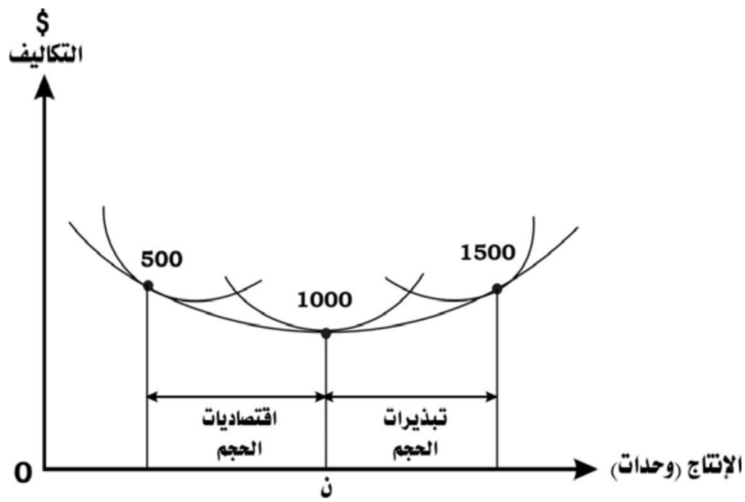
$$= \frac{6.6.000}{0.486}$$

= 135.802.46 دينار =

وتكون المبيعات اليومية بالدينار (372.06 دينار) على أساس أن عدد أيام العمل في المطعم 365 يوم/سنة (135.802.46 / 365 = 372.06 دينار).

8. قرار الحجم الاقتصادي للإنتاج

إن حجم العمليات يتوقف على حجم (كمية) الإنتاج المطلوب إنتاجه خلال فترة الخطـة. وهذا الحجم يرتبط بعدة عوامل رئيسة أهمها عوامل اقتصاديات الحجـم، وعوامـل تبـذيرات الحجم. وهذه العوامل تؤثر بأشكال مختلفة على قـرار الحجـم الاقتصـادي. وهـذه التـأثيرات يوضحها الشكل (2-6).



الشكل (2-6) اقتصاديات وتبذيرات الحجم

أما اقتصاديات وتبذيرات الحجم فتوضحها الأشكال (2-7) و (2-8) التالية.

1-8 اقتصاديات الحجم Economies of Scale

هي تلك القوى (العوامل) التـي تـؤدي إلى انخفـاض معـدل التكـاليف كلـما ازداد حجـم المصنع أو الوحدة الإنتاجية وبالتالي الإنتاج، وهذه القوى هي:

1- قوى ناتجة عن تقسيم العمل وتطبيق مبـدأ التخصـص، تعمـل عـلى خفـض التكـاليف كلما ازداد حجم الوحدة الإنتاجية بسب ازدياد إمكانية تقسيم العمل

والاستفادة من المهارات، والاختصاصات الفنية، والإدارية في العمليات الإنتاجية. وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة الوفورات وخفض التكاليف.

2- قوى ناتجة عن إمكانية استخدام التقنية الحديثة، والتكنولوجيا المتطورة، وأساليب المناولة الحديثة، وطرائق الإنتاج المعقدة الأكثر كفاية. وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة الوفورات، وخفض التكاليف.

3- قوى ناتجة عن زيارة كفاية التنظيم الداخلي للمنظمة، حيث أن انتظام العملية الإنتاجية يزداد، وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة وعقلانية إدارة المنظمة بسبب إدخال تقسيم متطور للعمل وتنظيم علمي له. وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة الوفورات وانخفاض التكاليف، وبالتالي هذا يفسر سلوك الناتج الكلي في المرحلة التي تؤدي فيها زيادة المستخدم من كل العناصر بنسبة معينة إلى زيادة المنتج بنسبة أكبر. ويعود السبب في ذلك إلى ما يلي:

أ- عدم قابلية بعض العناصر للتجزئة، فبعض أنواع السلع الرأسمالية تتضاءل كفايتها النسبية عندما يكون حجم المنظمة صغيراً جداً، وبالتالي فإن ازدياد حجم المنظمة يؤدي إلى زيادة الكمية المنتجة بسرعة أكبر من معدل الزيادة في عناصر الإنتاج، الأمر الذي يحقق وفورات داخلية حتمية.

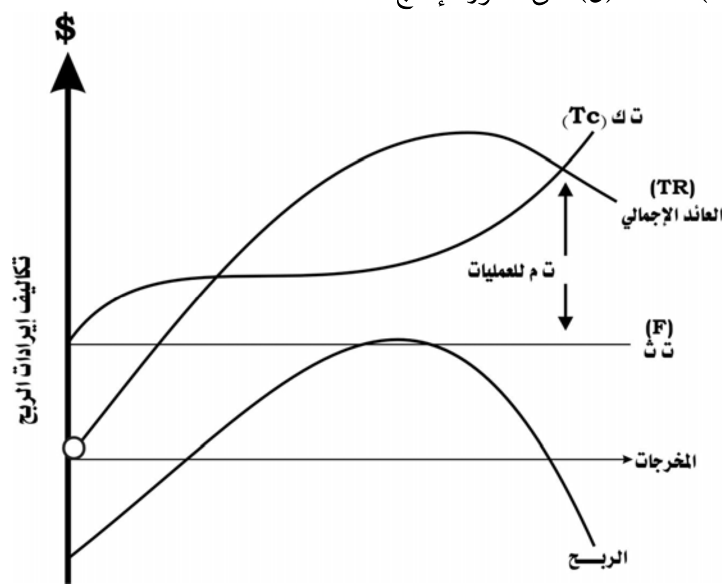
ب- انخفاض كفاية نظام الإنتاج نتيجة تعقد وتشابك العمليات الفنية، وزيادة الإهمال وأسباب كثيرة ناتجة عن ضخامة الأعمال.

ج- زيادة الأموال المستثمرة بالمخزون وارتفاع معدل المخزون، وزيادة العادم، والتالف، والمرتجع، والكاسد الأمر الذي يزيد التكاليف.

9. المعدل الأمثل للإنتاج

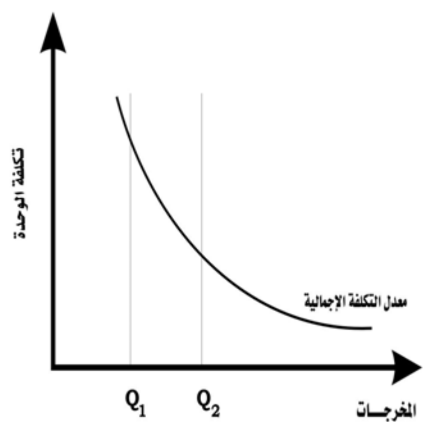
نخلص مما سبق إلى أن الوفورات الاقتصادية التي تحصل عليها المنظمة الكبيرة من جراء تبنيها للوسائل الحديثة للإنتاج قد تنقلب نتائجها إلى سلبية فيما إذا

زاد حجم المنظمة عن حد معين. كما أن المنظمة الاقتصادية الكبيرة تساهم مساهمة فعالة في دفع عجلة التقدم الصناعي إلى الأمام، وبالتالي في زيادة المردود الذي يسمح بوفرات اقتصادية في الفترة الطويلة الأجل. وانطلاقاً من هذه التأثيرات المتعاكسة لعوامل الإنتاج فإنه يترتب على إدارة المنظمة تحديد المعدل الأمثل للإنتاج. وهو حجم الإنتاج (المعدل) الذي يستطيع عنده المصنع أو الوحدة الإنتاجية الاستفادة من اقتصاديات الحجم إلى أكبر حد ممكن، والتخفيف من تأثير قوى تبذيرات الحجم إلى أدنى حد ممكن. وعند هذا المعدل (حجم الإنتاج) تكون التكاليف في أدنى نقطة منها من معدل التكاليف، وهي في الشكل (2-6) النقطة (ن) على محور الإنتاج.



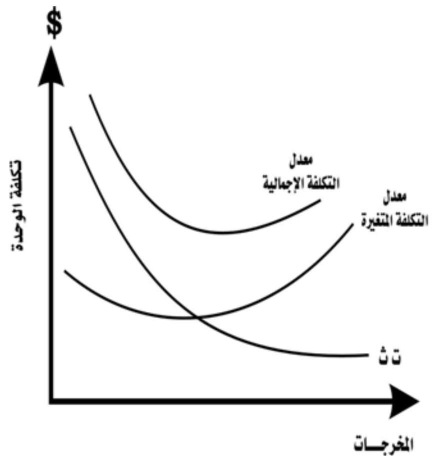
الشكل (2-7) التكاليف مقابل المخرجات

الشكل (2-7) التكاليف مقابل المخرجات



شكل (2-8)

علاقة تكلفة الوحدة/المخرجات في المدى القصر



شكل (2-9)

علاقة تكلفة الوحدة والمخرجات في المدى الطويل

10. الحجم الأمثل للعمليات

الحجم الأمثل للعمليات هو الحجم الأكثر كفاية بين كافة الأحجام التي يمكن الوصول إليها خلال فترة طويلة. ويتوقف بناء هذا الحجم على ما يلي:

أ- الخطة التي يتبعها رجال الأعمال للحصول على أكبر عائد لاستثماراتهم: حيث يكون من المفروض أن يستثمر رجال الأعمال أموالهم في المشاريع الصناعية التي تعطي أكبر عائد يتلاءم وحجم المخاطر التي يتعرضون لها. والعائد يرتبط بالحجم الأمثل للمصنع. ورجال الأعمال يسعون جاهدين للوصول إلى الحجم الأمثل للمصنع من أجل الاستفادة من اقتصاديات الحجم وبالتالي الحصول على أكبر عائد لاستثماراتهم. أي أن الحجم الأمثل للمصنع يبنى خلال فترة زمنية طويلة نسبياً، وذلك حسب الإمكانات المتوفرة لرجال الأعمال.

ب- تأثير قوى المنافسة في الإبقاء على المصانع المختلفة الأحجام: فعامل المنافسة يؤثر على الحجم الأمثل للمصنع بشكل كبير وذلك حسب نوع المنافسة التي يواجها المصنع.

إن الحجم الأمثل للعمليات غير ثابت في كيانه، فهو يتوقف على ثبات الظروف الفنية والإدارية. وهذه الظروف متغيرة باستمرار، وعلى رجال الأعمال والمستثمرون التكييف مع هذه الحقائق العملياتية في اقتصاديات الإنتاج وإدارة الإنتاج (إدارة العمليات الإنتاجية).

1-10 متطلبات الوحدة الإنتاجية المثالية

يتوقف بناء الوحدة الإنتاجية المثالية على توافر عدة شروط أساسية، هي التالية:

1-1-10 الوحدة الفنية المثالية:

ويقصد بها الوحدة الإنتاجية بطاقتها الإنتاجية البشرية والآلية الحالية، والتي تحقق أفضل شروط إنتاج ممكن.

وللوصول إلى الوحدة الفنية المثالية لا بد من الأخذ بالحسبان العوامل التالية:

أ- تقسيم العمل: إن تطبيق هذا العامل يتطلب توفر حجم كبير للمصنع، وتوافر موارد بشرية اختصاصية في هذا المصنع، وعمليات إنتاج مختلفة ومتنوعة وقابلة للتقسيم كي تتحقق فوائد هذا العامل. ويختلف حجم المصنع الذي يحقق وفورات تقسيم العمل من مصنع لآخر، ومن صناعة لأخرى. كما يختلف داخل أقسام الصناعة الواحدة، ففي بعض أقسام الصناعة يتعذر تقسيم العمل بما يحقق وفورات كبيرة وذلك يعود لأسباب تكنولوجية.

ب- تكامل العمليات: من فوائد الإنتاج الكمي الكبير أيضاً إمكانية تكامل العمليات بالإضافة إلى وفورات تقسيم العمل (يتعذر تحقيق ذلك في المصنع الصغير). ويقصد بتكامل العمليات إمكانية جمع عدة عمليات أو أعمال متشابهة، أو ذات طبيعة واحدة مع بعضها البعض، وتوضع تحت إشراف عامل واحد أو تنفذ

على آلة كبيرة بدل أن يقوم عدد كبير من العمال في تنفيذها، كاستخدام الروافع الثقيلة في حمل ومناولة المواد. وكما أن إمكانية شراء الآلة الكبيرة تكون موجودة في المصنع الكبير.أن الوفورات الناتجة عن الحجم الكبير للمصنع بسبب عامل تقسيم العمل وعامل التكامل لا تستمر إلى ما لا نهاية بل ستصل إلى الحد الذي تتلاشى فيه، لأن الوفورات الإضافية لتقسيم العمل وتكامل العمليات في بعض الأحيان تختفي حين يبلغ الفن الصناعي الحالي أقصى تقدمه.

2-1-10- الوحدة الإدارية المثالية:

يقصد بها الوحدة الإدارية المسؤولة عن تخطيط وتنظيم ومراقبة سير العملية الإنتاجية، وتكون فعّالة وقادرة على تفعيل العمليات الإنتاجية في المنظمة.

أن توسّع المصنع يعود بفوائد كبيرة على المستثمرين نتيجة زيادة الوفر الناتج عن تقسيم العمل وتكامل العمليات. وهذه الوفورات لا تعود فقط للوسائل الفنية (الآلات والمعدات والتجهيزات) في المنظمة بل تمتد لتشمل إدارة المصنع، وهذا يعود للأسباب التالية:

أ- **وفورات الإدارة الناتجة عن تقسيم العمل، وتعود إلى ما يلي:**

- يتمكن المصنع من استخدام الكفاءات الخاصة إلى أقصى حد ممكن وذلك لتوافر الأعمال الملائمة والكافية لهم. فمن أوجه الإسراف أن نستخدم رجلاً مختصاً في الأعمال الكتابية في حين أن قيامه بأعباء المهام الكبيرة ذات المسؤولية أجدى وأنفع.
- استمرار الشخص المختص في عمله لفترة طويلة يزيد من خبرته ومعلوماته، وبالتالي تزداد كفاءته مع الزمن في أداء مهامه.

- كما أن المصنع الكبير يتمكن من توظيف كفاءات ذات خبرة واسعة، مثلاً كالمحاسب، والمحامي، والمهندس. وهؤلاء الخبراء يحققون وفورات تزيد قيمتها عن ما يدفع لهم من مرتبات عالية.

وهناك ميزات أخرى يوفرها المصنع الكبير بالمقارنة مع المصنع الصغير وهي زيادة الوفر نتيجة عدم زيادة تكاليف بعض الخدمات الإدارية بنفس النسبة التي تزداد بها أعمال المصنع.

ب- وفورات الإدارة الناتجة عن تكامل العمليات:

ففي المصنع الكبير يمكن استخدام تقنيات الإدارة الحديثة، وخاصة فيما يتعلق بمعالجة المعلومات، وتنظيم العمليات، ومراقبتها بدل العمليات اليدوية، (وخاصة فيما يتعلق بمسائل المحاسبة) في حين يتعذر استخدام مثل هذه التقنيات في المصنع الصغير نتيجة ارتفاع تكاليفها وعدم الحاجة لاستخدامها بكفاية عالية.

إن الوفورات الإدارية الناتجة عن الحجم الكبير للمصنع لا تستمر إلى ما لا نهاية بل تتوقف عند حدود معينة. فميزات تقسيم العمل في الأعمال الإدارية تصل لمرحلة معينة من التوسع، يصبح بعدها التقسيم غير مربح بسب مشاكل التناسق والإشراف على الوحدات الإدارية والعاملين فيها. فمع تزايد عدد الوحدات الإدارية تزداد مشكلة التنسيق، وتصل إلى الحد الذي تصبح به عملية التنسيق مكلفة جداً قد ترتب على المنظمة تكاليف أكبر من الوفورات الناتجة عن تقسيم العمل.

10-1-3- الوحدة المالية المثالية:

هي الوحدة الإدارية القادرة على تأمين الموارد (السيولة) الكافية لأعمال المنظمة بكفاية عالية، وكذلك توظيف هذه الأموال بأفضل أوجه لها. فتوفير المال اللازم لاستثمار يؤثر تأثيراً مباشراً على حجم المصنع. فكلما ازدادت قدرة إدارة المصنع على توفير السيولة النقدية للاستثمار بتكاليف منخفضة، كلما ازدادت قدرتها على بناء حجم أمثل للمصنع. وتستطيع إدارة المنظمة توفير المال بعدة

وسائل منها الاقتراض، لكن الاقتراض لـه ثمن وأحياناً ثمناً باهظاً. وهذا الثمن هو سعر الفائدة في الأسواق المالية. ومع هذا فإن مسألة الحصول على المال تبقى مشكلة كبيرة أمام إدارة المنظمة وخاصة في حالة كانت المنظمات من النوع الذي يتطلب أن تبتدئ بكامل حجمها، كشركات توليد الكهرباء، وشركات السكك الحديدية. وكلما ازدادت المنظمة نجاحاً كلما تعددت مصادر الحصول على الأموال بعكس المنظمات الصغيرة والتي تنمو كلما توفرت لها الأموال اللازمة للنمو فقط.

2-1-10- وحدة التسويق المثالية:

هي الوحدة التي تستطيع القيام بكافة المهمات التسويقية للمنظمة وبكفاية عالية، حيث تقوم وحدة التسويق المثالية على عمليتين، هما: شراء الموارد، وبيع السلع الجاهزة المنتجة داخل المنظمة في السوق. ومن هنا ينشأ نوعين من الوفورات المهمة، هما:

أ- وفورات الشراء الكبير: وتتلخص هذه الوفورات في التالي:

1- الحسومات التي يحصل عليها المصنع الكبير نتيجة شرائه كميات كبيرة في طلبية واحدة، بالإضافة إلى توفير في النقل، والتخزين، والمصاريف الإدارية.

2- في حالة كان المصنع كبيراً وكانت كمية الشراء ضخمة فإنه يستطيع توظيف خبراء في الشراء والتخزين، وافتتاح مكاتب له في أسواق المواد، وكل ذلك يؤدي إلى الوفر في التكاليف الإدارية.

ب- وفورات البيع الكبيرة. وهذه الوفورات ناتجة عن:

1- زيادة الأرباح الناتجة عن زيادة كمية المبيعات. ويتمكن المصنع الكبير من تحقيق ذلك بواسطة العدد الكبير نسبياً من رجال البيع إذ يتمكن من زيادة الكمية المباعة دون أن يتطلب الأمر زيادة النفقات.

2- يتمتع المصنع الذي يسوّق سلعة على مدى كبير بوفر بسبب أن الحد الأدنى للمخزون السلعي يكون عادة صغير نسبياً، مما يساعد على تخفيض سعر الفائدة

على رأس المال المستثمر، ويزيد معدل التصريف للسلع والخدمات، ويشجع على إنتاج بضائع وخدمات جديدة.

3- إن المصنع الكبير يتمكن من استيفاء الطلبات الطارئة بسرعة، بينما يحتاج المصنع الصغير إلى وقت طويل لإنهاء العمليات المطلوبة.

4- يستطيع المصنع الكبير تخزين تشكيلات واسعة من البضائع تمكنه من اجتذاب العملاء من خلال ما يعرضه عليهم من اختيار واسع يلبي معظم أو كامل رغباتهم واحتياجاتهم وأذواقهم.

5-

2-10- التوفيق بين الوحدات المثالية

من المسائل المهمة أمام المنظمة الصناعية مسألة تحقيق التوفيق والتوازن بين الوحدات المثالية التي تقوم عليها المنظمة، لأن مسألة التوفيق بين تلك الوحدات تنشأ من اختلاف أحجامها كأجزاء في نفس المنظمة، ولهذا يتم التوفيق بين تلك الوحدات بتشغيل الأجزاء المختلفة بكفاية كبيرة بحيث تتحقق معادلة التوازن التالية:

الوحدة الفنية المثالية = الوحدة الإدارية المثالية = الوحدة المالية المثالية

= الوحدة التسويقية المثالية

وبالتالي يتحقق الشرط الأساسي للحجم الأمثل للمصنع باعتباره الحجم الأكثر كفاية من بين الحجوم المختلفة التي يمكن بناؤها، ونعبر عن ذلك بشكل آخر باستخدام مقياس الكفاية:

كفاية الوحدة الفنية = كفاية الوحدة الإدارية = كفاية الوحدة المالية

= كفاية الوحدة التسويقية

وبهذا نصل إلى الحجم الأكثر كفاية للمصنع ذي الحجم الأمثل.

في حالة صعوبة التوفيق بين الوحدات المثالية يتم حلها بوضع مهمات الإنتاج والإدارة على مداها المثالي، وذلك باستخدام وسائل التنظيم الصناعي واقتصاد

المصنع، ثم الجمع بينها عن طريق الرقابة المشتركة. وينشأ سوء تعديل المهمات المثالية عن زيادة أو نقص في حجم إحدى الوحدات المثالية أو معظمها، بحيث يترتب على ذلك هدر في بعض الوحدات نتيجة زيادتها عن الحد المثالي واختناقات في وحدات أخرى نتيجة صغر حجمها عن الحد المثالي. وفي كلا الحالتين سوف يكون هناك خسائر كبيرة تسبب في انخفاض الإنتاجية في المنظمة.

وفيما يلي حلول أولية لمسألة التوفيق بين الوحدات المثالية:

1-2-10 مشكلة الوحدة الفنية المثالية:

وتحل هذه المسألة باتباع الحلول التالية:

- تقسيم المصنع إلى أقسام منفصلة عن بعضها تمام الانفصال، بحيث يحقق كل قسم التوافق بين وحداته كما في صناعة السيارات والطائرات.
- في حالة استحالة التقسيم لأسباب فنية يتم تخفيض الحجم الفني المثالي بزيادة تخصصه على نوع معين من الإنتاج، تكون فعالية قليلة لكل وحدة من وحدات الإنتاج كما هو الحال في صناعة الصلب في انكلترا.
- انتهاج سياسية التفكك الرأسي في المصنع: تستخدم هذه الطريقة حين تتطلب الصناعة وحدة كبيرة لوجود عملية واحدة تحتاج في تنفيذها لمدى كبير تنفصل عن باقي العمليات، ويعهد بها إلى صناعة ثانوية تتولاها الصناعة الرئيسية. مثال على ذلك ما يجري في صناعة السيارات من شراء بعض الأجزاء من الخارج كالأجهزة الكهربائية.
- في حالة عدم حدوث التطابق بين المدى الإداري المثالي وباقي العمليات بعد تطبيق مبدأ التفكك الرأسي يتم استخدام إحدى الطريقتين التاليتين:

الأول: زيادة مدى الإنتاج المتخصص لصناعة سلعة واحدة، بشرط أن لا يتحمل المصنع أي تكاليف إضافية تحد من الوفورات حتى تتفق الزيادة مع المدى الإداري ومدى العملية الكبيرة المفصولة.

الثانية: صناعة سلعة أو سلعتين لتشغلا المدى الكبير للعملية التي يجري تعديلها لإنتاج السلع الجديدة بتكاليف منخفضة.

10-2-2- مشكلة الوحدة الإدارية المثالية:

للتغلب على هذه المشكلة تتبع الإجراءات التالية:

- إعادة إنتاج العملية الفنية لعدة مرات. وفي هذه الحالة لا يتم في المصنع أي تقسيم إضافي للعمل، ولا أي تكامل للعمليات، ولا يتحمل خسائر إضافية حين توسعه.
- توزيع الوحدات الفنية الصغيرة على أماكن مختلفة بحيث يستطيع المصنع من تحقيق نفقات النقل إلى أدنى حد ممكن.

10-2-3- مشكلة وحدة التسويق المثالية:

تعالج هذه المسألة باتباع إحدى الحلول التالية:

- إتباع سياسة التفكك الرأسي، فعندما تكون وحدة التسويق أكبر من الوحدة الفنية المثالية يتم تطبيق مبدأ التفكك الرأسي الذي يمكّن المصنع الصغير من تفادي تحكم العمليات التي تتطلب مدى كبيراً، بأن يعهد توزيع البضائع إلى خبراء التسويق.
- تعدد منافذ البيع تحت رقابة مركزية، وهذا الحل يتبع في حالة كان هناك مشكلة تنسيق وتوفيق بين الوحدات المثالية المختلفة داخل وحدة التسويق المثالية.

10-2-4- مشكلة الوحدة المالية المثالية:

تنطوي هذه المشكلة تحت مشاكل توسع المصنع، وتحديد الحجم الملائم للحصول على قروض بأسعار فائدة مناسبة. ولذلك نجد أن التغلب على هذه المشكلة يتوقف على حجم المصنع ونوع البضاعة، وما تحتاجه من تجهيزات، وآلات، وعدد، وسمعة حسنة، وكفاءة كبيرة للإدارة.

أسئلة ومسائل الفصل الثاني

أولاً: أسئلة للمناقشة:

أ- تأخذ التكاليف شكلين من ناحية المفهوم، ما هما هذان الشكلان، وما أهمية كل منهما في تحليل التكاليف؟

ب- تكلم عن اقتصاديات الحجم وتبذيرات الحجم وبين علاقة كل منهما بالمعدل الأمثل للإنتاج؟

ج- هناك فرق بين مفهوم المعدل الأمثل للإنتاج ومفهوم الحجم الأمثل للمصنع، وضح هذا الفرق.

د- عدد العوامل التي تحدد الحجم الأمثل للمصنع.

هـ- بين كيف يمكن أن تحل كل من المشكلات التالية:

- مشكلة الوحدة الفنية المثالية.
- مشكلة الوحدة الإدارية المثالية.
- مشكلة الوحدة التسويقية المثالية.
- مشكلة الوحدة المالية المثالية.

ه- وضّح مفهوم الحجم الاقتصادي للإنتاج والعمليات، وبيّن أثر اقتصاديات وتبذيرات الحجم على قرار الحجم الاقتصادي، وضح بيانياً.

ثانياً : مسائل:

مسألة رقم (1):

لدى منظمة صناعية موارد إنتاج بقيمة (500.000) دينار. وأمام إدارتها إمكانية إنتاج (1100) تلفزيون أو (1000) ثلاجة بهذه الموارد. وسعر بيع التلفزيون (70) دينار. وسعر بيع الثلاجة (80) دينار. والكميات المنتجة تباع بالكامل. المطلوب:

1- حساب التكلفة البديلة لإنتاج كل من التلفزيون والثلاجة.

2- ما هو القرار الواجب اتخاذه في هذه الحالة إنتاج التلفزيون أم الثلاجة؟ وضح ذلك من خلال مفهوم التكلفة البديلة.

مسألة رقم (2):

لدينا البيانات التاريخية المأخوذة من سجل الشركة التجارية السورية الأردنية، والمعروضة في الجدول الآتي:

السلع	السعر (وحدة) دينار	التكلفة المتغيرة دينار	المبيعات المتوقعة (وحدات) سنوياً
أ	500	200	10.000
ب	700	300	10.000
جـ	300	150	20.000
د	800	500	6000
هـ	900	600	6000

والتكاليف الثابتة (5.500.000) دينار سنوياً.

المطلوب: ما هو حجم التعادل السنوي وقيمة المبيعات الشهرية التي تحقق التعادل.

مسألة رقم (3):

تنتج شركة الرواد في الأعمال جهاز رصد أمطار، وتسوقه في السوق المحلية. وكانت التكاليف الثابتة السنوية لهذه الشركة (1.200.000) دينار، والتكلفة المتغيرة بالوحدة (3000) دينار. وتسعى الشركة لتحقيق ربح سنوي مقداره (10.000.000) دينار.

المطلوب: ما هو حجم الإنتاج الذي يحقق لها هذا الربح؟ وضح ذلك بيانياً.

مسألة رقم (4):

بفرض لدينا عنصري إنتاج (أ) ثابت، و(ب)متغير، تم استخدام كلا العنصرين في عملية إنتاجية بنسب متغيرة من العنصر (ب)، وكانت النتيجة كما يلي:

وحدات العنصر (أ)	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
وحدات العنصر (ب)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
الإنتاج الفعلي	**5**	**12**	**27**	**44**	**60**	**72**	**84**	**84**	**77**	**60**

المطلوب:

1- بيّن حدود المرحلة الثانية من قانون العائدات المتناقصة رياضياً وبيانياً.

2- ما هو القرار المتعلق بالمزيج الأنسب للإنتاج؟

مراجـــع الفصل الثاني

i. المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر، عمان، 2000.

ii. عبود، نجم، إدارة العمليات، معهد الإدارة العامة، الرياض، 2001.

iii. Chase , Richard B., Nicholas J. Aquilano, Production and Operations Management , 7th ed., Mc Irwin , McGraw Hill, New York, 1997.

iv. Kim, Jay S, and Jeffery G. Miller. Building the Value Factory: A progress Report for U.S. Manufacturing . Boston: Boston University Manufacturing Roundtable, 1992.

v. Hopp, Wallace, and Mark Spearman, Factory Physics: A New Approach to Manufacturing Management, Burr Ridgei Richard D. Irwin, Inc. 1996.

vi. Hayes , Robert H., and Gary P. Pisano. " Beyond World Class, the New Manufacturing Strategy . "Harvard Business Review 72, no. 1 (January-February 1994), PP. 77-86.

vii. Apte, Uday " Operations Management Notes "Southern Methodist University , 1993.

الفصل الثالث

تكنولوجيا الإنتاج

العناوين الرئيسة:

1- مفهوم التكنولوجيا
2- التكنولوجيا ووظائف المنظمة.
3- التكنولوجيا في عملية الإنتاج
3-1- التصميم بمساندة الحاسوب CAD
3-2- تخطيط العمليات بمساندة الحاسوب CAPP
3-4- التصنيع بمساندة الحاسوب CAM
3-5- نظم مراقبة وتخطيط التصنيع MPCS
3-6- أنظمة التصنيع المرنة FMS
3-7- نظم التصنيع المندمجة CIM
3-8- تكنولوجيا المجاميع GT
3-9- الآلية Robotics
3-10- الذكاء الاصنطاعي AI
3-11- أنظمة الخزن والاسترجاع المؤتمتة AS/RS
3-12- تكنولوجيا الرمز الشريطي ACT
3-13- أتمتة المكتب OA

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- تحديد مفهوم تكنولوجيا الإنتاج.
2- بيان أهمية تكنولوجيا الإنتاج في تطوير المنظمة وتطوير وظائفها.
3- تحديد أهم أنواع تكنولوجيا الإنتاج المستخدمة في منظمات الأعمال وبيان استخدامات كل نوع.
4- توضيح دور تكنولوجيا الإنتاج في عملية الإنتاج والاتجاهات المستقبلية لتطور تكنولوجيا الإنتاج في المنظمة.

الفصل الثالث

تكنولوجيــا الإنتــاج

1. مفهوم التكنولوجيا

لقد تطور مفهوم التكنولوجيا (الأسلوب) والتقانة (الوسيلة) في العقـود الأخـيرة، ليصـبح أكثر شمولية من ذي قبل، بعد أن كان مقتصراً على الإنتاج المادي. حيـــث عـرّف (Mueller) التكنولوجيا في هذا الإطار، بأنها: الطرائق والأساليب التــي يـؤدي استخدامها – مع الاستفادة من قوانين الطبيعة، وبمساعدة مواد صناعيــة أخـرى – إلى تحويل مواضيع العمـل مـن مـواد خـام إلى قـيم اسـتعمالية. وهــذا التعريـف محـدد في مجـال الصـناعة والإنتـاج المـادي (In manufacturing)، وفي هذا المجال – حيث تركز التكنولوجيا على الأساليب والطرائق – فـإن الترتيب التكنولوجـي للآلات وأماكن العمـل، يحـدد شـكل ونـوع الصـيغ التنظيميـة الواجـب استخدامها لتفعيل أنظمة الإنتاج. أما عـلى صـعيد الإنتـــاج الخـدمي – وبالتـالي، المؤسسـات الخدميـة (In service) – فـإن التكنولوجيـا تكـون أوسـع، ويمكـن أن تشـمل كـل الـبرامج، والطرائق والنظم التي تتناول العمليات، ومعالجة المعلومات.

ولقد أشار شرويدر Schroder إلى إمكانية تعريف التكنولوجيا بشكل واسع حيث تعنـي بأنهـا تطبيقـات المعرفـة لحـل المشـكلات البشريـة: وبشـكل ضـيق حيـث تعنـي مجموعـة العمليات، والأدوات، والطرائق، والإجراءات، والمعدات المستخدمة لإنتـاج السـلع والخـدمات. كما اشار كوبتا (Capta) [1] إلى وجود نوعين من تكنولوجيا الإنتاج، الأول: يتمثل في تكنولوجيا المعدات والعمليات (مناولة المواد وتحويل الطاقة)، والثاني: يتمثل في تكنولوجيا المعلومات.

---

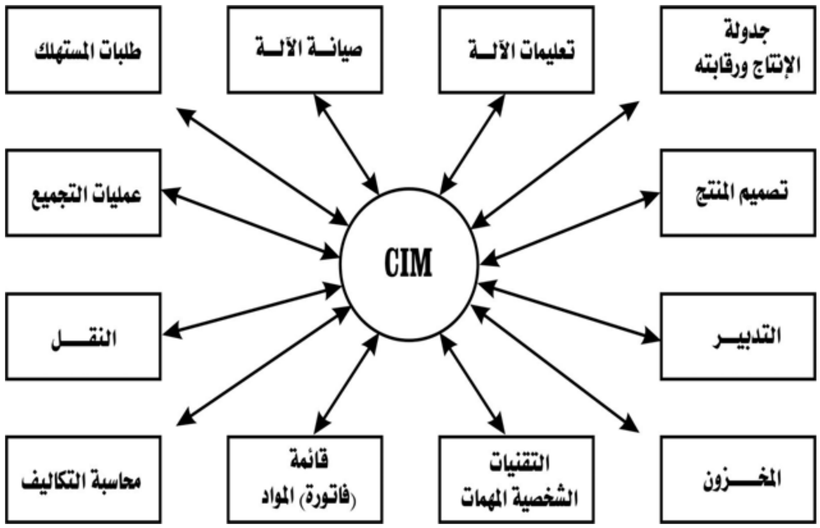
[1] Y.P. Gupta, Advanced Manufacturins System Analysis of Trends, Management Decision MCB. University Press, Vol. 27. No5. 1989.

نخلص من هذا العرض لمفهوم التكنولوجيا، بأن التكنولوجيا تشمل كل من الأساليب والطرائق العلمية التي تنفذ بها عمليات الإنتاج المادي (Product Technologies)، والخدمي (Process Technologies). وتركز تلك الطرائق، والأساليب على استغلال فعاليات الطبيعية بتطبيق القوانين العلمية. وتتناول - بالإضافة إلى عمليات الإنتاج المادية الأساسية - عمليات الإنتاج المساعدة، وأهمها عمليات: النقل، والتغليف، والتخزين، وتكنولوجيا المعلومات. وفي هذا السياق فإن التكنولوجيا وكتعريف نمطي هي الأدوات Tools، والتقنيات Techniques، والأفعال Actions المستخدمة لتحويل المدخلات التنظيمية إلى مخرجات.

2. التكنولوجيا و وظائف المنظمة

إن وظائف منظمات الأعمال تمثل الجوانب الفنية لأنشطة المنظمة التي تؤدي مع الجوانب الإدارية إلى تحقيق أهداف المنظمة. وهذه الوظائف وضمن المفهوم التقليدي للمنظمة فإنها تصنف بوظائف رئيسية، ووظائف فرعية. وعموماً فإن وظائف منظمات الأعمال هي الإنتاج، والتسويق، والتمويل، والشراء، والتخزين والبحث، والتطوير، والعلاقات العامة، والأفراد... الخ.

لقد أخذت وظائف المنظمة بالتكامل بداية في المنظمات الصناعية على تكنولوجيا المواد، وتطورت حتى أصبحت على قاعدة تكنولوجيا المعلومات متمثلة بنظام CIM. ووصلت إلى أعلى مرحلة من التكامل والترابط والتنسيق مع وظائف المنظمة الصناعية، والشكل (3-1) التالي يوضح ذلك:



شكل (3-1) تكامل وظائف المنظمة على قاعدة CIM

Source : *Richard L. Daft. P. 120.*

وعلى هذه القاعدة تطورت عملية التنسيق والتكامل بين الأنشطة ذات العلاقة بتسارع كبير، بحيث استطاعت أن تحقق درجة عالية من التناسق والتكامل بين الأنشطة التي تبدأ من فكرة ابتكار المنتج إلى طلب المستهلك.

3. التكنولوجيا في عملية الإنتاج

3-1- تطور التكنولوجيا

لقد استثمرت التكنولوجيا بشكل واسع في الإنتاج مع بداية الخمسينات من القرن الماضي، حيث قام Woodward بدراسة 1950 على 50 شركة صناعية في انكلترا، واستمرت لسنوات عديدة (ما يقارب عشر سنوات). وركز فيها بداية على كيفية تنظيم الشركات الصناعية في ظل تطور المستوى التكنولوجي لهذه المنظمات. ولقد قادت هذه الدراسة إلى تبني فلسفة جديدة في تصنيف أنواع (أنماط) عملية التصنيع، وذلك في ثلاث مجموعات The Type of Manufacturing Process الآتية:

- المجموعة الأولى: إنتاج دفعة ووحدة صغيرة Small- Batch and Unit Production

- المجموعة الثانية: إنتاج دفعة وحجم كبير Large- Batch and Mass Production

- المجموعة الثالثة: إنتاج العملية المستمرة Continuous Process Production

ولقد حدد Joon Woodward في السنوات الأخيرة من دراسته التطورات الجديدة على المستوى التكنولوجي (تكنولوجيا التصنيع) في المنظمة الصناعية، والتي تضمنت ما يلي:

1- الرجل الآلي Robots

2- أدوات الرقابة الرقمية Numerically- Controlled Machine Tools

3- برامج تصميم الإنتاج وهندسة Computer- Assisted Design (CAD)

4- الرقابة على الآلات أو التصنيع حاسوبيا Computer-Assisted Manufacturing (CAM)

وهذه العناصر التكنولوجية شكلت ما يعرف لاحقاً بنظام الإنتاج المتكامل (CIM) Computer Integrated Manufacturing.

إن تكنولوجيا CIM ربطت كافة عناصر التصنيع المذكورة أعلاه مع بعضها في نظام واحد، ونسقت بين عمل الــ Robots والآلات، وتصميم المنتج، والتحليل الهندسي للعمليات في حاسب واحد (الشكل 3-1).

CIM بداية تجميع لثلاثة عناصر فرعية هي:

1- Computer - Assisted Design (CAD) : حيث يتم تصميم وهندسة ورسم الأجزاء الجديدة بمساعدة الحاسوب.

2- Computer - Assisted Manufacturing (CAM): حيث يتم مراقبة الآلات أثناء معالجتها للمواد، والتصنيع، والإنتاج، والتجميع بمساعدة الحاسوب.

3- الأتمتة الإدارية Administration Automation: حيث يتم بمساعدة الحاسوب إجراء العمليات الحسابية والمحاسبية والرقابة على المخزون، وتسجيل وتدقيق الفواتير والكشوفات، وكافة العمليات الإدارية المرافقة للعملية التصنيعية.

3-2- التصميم بمساندة الحاسوب Computer - Aided Design (CAD)

تعد هذه التكنولوجيا أساساً لاستبدال التصميم اليدوي ولوحات رسم المسودات بالتصميم على شاشة المحطة الطرفية للحاسوب، والتي تستخدم فيها آلية خاصة هي القلم الضوئي لرسم التصميم على لوحة خاصة الذي يظهر بنفس الوقت على الشاشة، ولقد قدمت هذه الأنظمة فوائد عديدة منها ما يلي:

1- التقييم السريع للبدائل المتاحة أمام المصمم، وانخفاض مهلة تصميم المنتجات الجديدة.

2- تقليص الأخطاء وزيادة جودة المنتج، والغاء النماذج التجريبية.

3- زيادة معدل العائد على الاستثمار، والغاء النماذج التجريبية، وبالتالي رفع معدلات الإنتاجية بنسبة 3: 1 أو 4: 1.

4- خفض المعاملات الكتابية.

5- إتاحة الفرصة للاختبارات الديناميكية والكينماتيكا.

6- استخدام الألوان في مرحلة التصميم والتجميع.

7- إتاحة الفرصة لمراجعة عشرات الألوف من الأجزاء.

8- الاستخدام الأمثل للرسوم والتصميمات ذو البعد الثلاثي.

3-3- تخطيط العمليات بمساندة الحاسوب

Computer - Aided Process Planning (CAPP)

كما يسمى بتخطيط التشغيل بمساندة الحاسوب، ويستخدم بهدف الوصول إلى التعاقب الأمثل، والتحديد الأفضل للآلات التي تستخدم في خطة التشغيل لإنتاج جزء مهم من الأجزاء. وتظهر أهمية هذا النظام في الشركات الكبيرة لأنها تواجه عدداً كبيراً جداً من خطط التشغييل التي يمكن ترشيدها وتقليصها بشكل كبير باستخدام الحاسوب.

يوجد مدخلان لتطوير نظام تخطيط العمليات بمساندة الحاسوب، وهي:

أ) المدخل المتغير Variet Approach: ويقوم على إعداد خطة تشغيل قياسية أحياناً أكثر من خطة بديلة للجزء الرئيسي حيث تستخدم للأجزاء المشوهة أو الغريبة.

ب) المدخل التوليدي The Generative Approach : ويقوم على وضع خطة تشغيل في ضوء المعلومات على قاعدة بيانات التصنيع، مع الاستعانة بمجموعة أسئلة محددة تعرض على شاشة الحاسوب لتحديد الجزء بشكل تفصيلي. وهذا النظام مرتبط لحد ما بتكنولوجيا المجاميع GT، ومن أهم فوائده ما يلي:

1-انخفاض تكلفة الأجزاء الجديدة.

2-تنميط خطوط الإنتاج.

3-الاستخدام الأمثل للمراحل الإنتاجية.

4-انخفاض الحاجة إلى مهندس المراحل الإنتاجية.

3-4 – التصنيع بمساعدة الحاسوب:

Computer - Aided Manufacturing (CAM)

حيث يتم استخدام الحاسوب في التصميم والرقابة على عملية الإنتاج وبالتـالي يحـل كـل وظائف الرقابة اليدوية على معدات المعالجة والمناولة. ومن أهم مزايا هذا النظام الآتي:

1- تحسين زيادة الإنتاجية بنسبة 1:3 وذلك من خلال تحقيقه ما يلي:
   - تخفيض استغلال الموارد وبخاصة وقت عمل العمال.
   - تخفيض مستويات وتكلفة المخزون باستخدام الجدولة الجيدة.
   - خفض معدلات التخزين وعمليات إعادة التصنيع.
   - خفض وقت الإعداد والتهيئة والانتظار الكلي.
   - تحسين جود المنتج.

2- انخفاض الطلب على العمالة المدربة، وبالتالي انخفاض معدلات الأجور.

3- الاستخدام الأمثل للطاقة المتاحة للآلات، وتحقيق تكامل أفضل لعملها.

3-5- نظم مراقبة وتخطيط التصنيع:

Manufacturing Planning and Control System (MPCS)

وتقدم هذه النظم مزايا عديدة منها ما يلي:

مزايا كمية:

1- انخفاض مستوى المخزون بنسبة 33%.
2- زيادة خدمة المستهلك.
3- انخفاض تكاليف الشراء بنسبة تصل إلى 6%.
4- انخفاض معدلات الوقت الإضافي بنسبة تصل إلى 50%.
5- زيادة معدلات إنتاجية القوى العاملة بنسبة تصل إلى 10%.

مزايا عينية:

1- تحسين العلاقة مع العملاء نتيجة إلى المقدرة على سرعة الاستجابة إلى تغييرات السوق.

2- زيادة الاعتماد على فرق العمل بين مختلف الوظائف.

3- رفع الروح المعنوية للعمالة والإدارة معاً.

4- إتاحة الفرصة للملاحظ ليكون مديراً وليس منجز للأعمال.

5- إتاحة الفرصة للمشتري أن يكون مديراً للمشتريات وليس منجزاً للأعمال.

6- خفض معدلات الخردة وإعادة التصنيع.

7- السماح للتخطيط الأفضل.

3-6- أنظمة التصنيع المرنة

Flexible Manufacturing Systems(FMS)

تعد نظم التصنيع المرنة من أكثر النظم شيوعاً على المستوى العالمي، أو تعرف بأنها مجموعة الآلات المتصلة بواسطة نظام مناولة المواد والمراقبة كلياً حاسوبياً، وتعالج بشكل متزامن أجزاءً متنوعة بحجوم متوسطة.

تتكون نظم التصنيع المرنة FMS من:

- مجموعة محطات آلية.
- وسائل المناولة تربط بين المحطات.
- حاسوب مركزي يشرف ويوجه ويراقب العمليات في المحطات.

تتميز هذه الأنظمة بالمقارنة بالأنظمة الأخرى بأنها ذات مرونة عالية لإنتاج منتجات وأجزاء متنوعة على الآلات بحجوم متوسطة، ولهذا فإنها تحقق الفوائد الآتية:

1- زيادة مرونة الإنتاج والتي تشمل ما يلي:

- مرونة الآلات: وتعني سهولة القيام بالتغيرات المطلوبة لإنتـاج مجموعـة مـن أنـواع الأجزاء.
- مرونة العمل: وتعني إمكانية إنتاج مزيج من الأعمال.
- مرونة المنتوج: وتعني إمكانية إنتاج عدد كبير من المنتجات.
- مرونة المسار الفني: وتعني المرونة تجاه الأعطال.
- مرونة الحجم: وتعني إمكانية إنتاج حجوم مختلفة.
- مرونة العملية: وتعني القدرة على التحويل بين العمليات.
- مرونة الإنتاج: وتحدد ما هو مشترك في الجـزء الـذي يـتم إنتاجـه في نظـام التصـنيع المرن.
- مرونة التوسع: إمكانية التوسع في النظام في الحدود المطلوبة.

2- يساعد في تطوير تكنولوجيا الإنتاج وصولاً إلى نظام التصنيع المتكامل CIM.

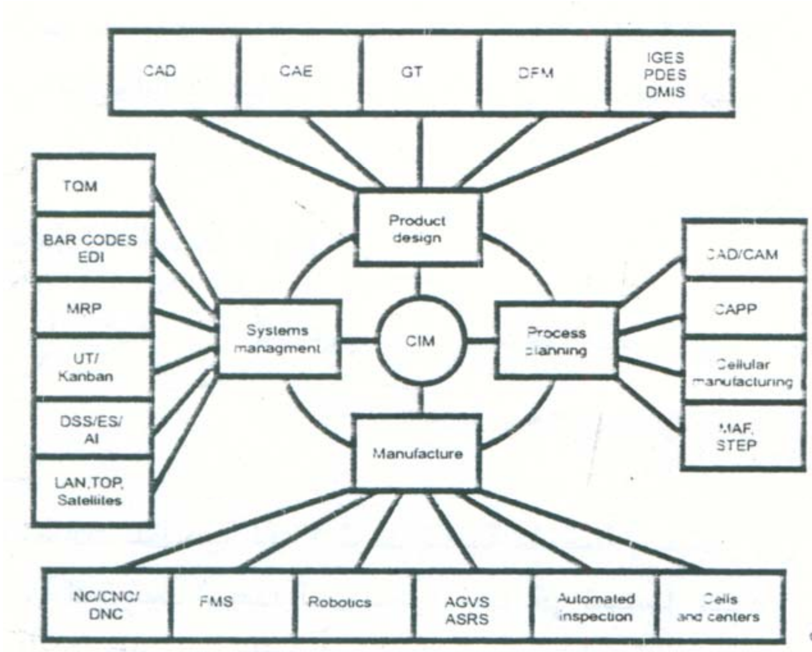
3- زيادة معدلات الإنتاجية الناتجة عن كمية العمليات الإنتاجية المتكاملة وكذلك:

- زيادة معدل استغلال الآلات.
- انخفاض معدلات التخزين وإعادة التصنيع.

3-7- نظم التصنيع المندمجة (المتكامل)

Computer Integrated Manufacturing

إن نظام التصـنيع المتكامـل CIM يشـمل مجـالاً واسـعاً مـن أعـمال ووظـائف المنظمـة الشكل (3-2) ويحقق مزيداً من التكامل وعلى محورين هما:



شكل (3-2) مكونات نظام CIM

الأول : التكامل الأفقي Horizontal Integration: ويمتد ليشمل وضع الطلبية وتخطيط التشغيل والرقابة على العمليات والمواعيد الأخيرة.

الثاني: التكامل العامودي Vertical Integration: ويشمل كل أنظمة CAD/CAM، والهندسة بمساعدة الحاسب CAE. أي يشمل المنظمة الممتدة من التصميم في إنتاج المنتوج وحتى شحنه.

تمثل نظم CIM المرحلة العملية لبدايات مصنع المستقبل المؤتمت كلياً. كون هذه النظم هي عبارة عن مجموعة متكاملة من الوظائف والأنظمة الفرعية، بدءاً من التسويق (تحديد احتياجات العملاء والطلب)، ومروراً بالتصميم والهندسة، والإنتاج، والأنشطة المساعدة، وصولاً إلى شحن المنتوج. وحيث يتم الرقابة على كافة العمليات والأنظمة حاسوبياً بالاستناد إلى قاعدة بيانات مشتركة توفر العلاقات التبادلية بين الأنظمة الفرعية وإزالة الازدواج في العمليات والمعلومات.

وأن أهم الفوائد التي تحققها نظم CIM ما يلي:

1- انخفاض تكلفة التصميم الهندسي بنسبة تتراوح بين 15-30%.
2- انخفاض المهلة (الانتظار) بصفة عامة، وذلك بنسبة تتراوح بين30-60%.
3- زيـادة جـودة المنـتج وذلـك بزيـادة نسـبة المنتجـات المقبولـة مـن 2-5 مـرات عـن المستويات السابقة.
4- زيادة المقدرة الهندسية بقدر 3-35 مرة.
5- زيادة الإنتاجية للعمليات التصنيعية وذلك بنسبة 40-70% (التجميع الكامل).
6- زيادة الإنتاجية (وقت التشغيل) بالنسبة للأصول الرأسمالية بقدر 2-3 مرات.
7- انخفاض في العمليات تحت التشغيل بنسبة 30-60%.
8- انخفاض تكاليف الأفراد.

3-8- تكنولوجيا المجاميع Group Technology

تعد تكنولوجيا المجاميع من الأساليب الهامـة في التصـنيع الحـديث لأنـه يحقـق الفوائـد الآتية:

1- تخفيض المهلة المطلوبة لتصميم منتج جديد.
2- تخفيض للتكلفة المبدئية المصاحبة للمنتج أو الجزء الجديد.
3- زيادة استغلال الطاقة.
4- انخفاض وقت الأعداد.
5- انخفاض معدلات التخريد.
6- انخفاض عدد الأجزاء في قاعدة البيانات.

3-9- الآلية Robotics

يعرف هذا النظام بالرجل الآلي أو الصناعي Industrial Robot. وهو جهاز قابل لإعادة البرمجة، ومصمم لنقل ومعالجة القطع والآلات أو لتأدية أغراض عامة. ومهما يكن أمر الرجل الآلي فإنه يحقق فوائد كثيرة على صعيد العمل منها:

1- زيادة الإنتاجية.

2- زيادة الجودة.

3- زيادة المرونة.

3-10- الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence

الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence إحدى تكنولوجيا الآلات الذكية (الحاسبات) التي تقوم بتصميم أنظمة حاسبة ذكية لها خصائص توصف بالذكاء في السلوك البشري. وهذه الأنظمة يتم تصميمها لتحل شيئاً فشيئاً محل الإنسان (محل الذكاء البشري).

يعود الذكاء الاصطناعي كمصطلح إلى أواخر الخمسينات من القرن الماضي. ابتكر هذه التسمية جون مكارثي J.Mecarty من معهد ماسيشوسيتي للتكنولوجيا (MIT). وتشير هذه التكنولوجيا إلى التفكير حول البرمجيات التي تبشر بتطبيقات جديدة للحاسبات. وهذه البرمجيات سوف تكون مخوّلة لإصدار الأحكام، واتخاذ القرارات برغم المعلومات غير الكاملة.

ولقد تنبأ الرياضي نيومان Jon Von Neumann في الخمسينات من القرن الماضي بأنه سوف يأتي يوم يمكن للآلة أن تصنع آلة أكثر تعقيداً من نفسها. أي أنها تصنع الذكاء الذي يتناول القدرة الذهنية لإدراك وحفظ وتوسيع الحقائق. ثم القيام بالتفكير فيها، ووضع واتخاذ القرارات الملائمة حولها.. وبهذا فإن الذكاء

الاصطناعي الذي تظهره الآلة يحاكي الذكاء البشري القائم على الحواس والدماغ، وبالتالي فإن محاور الذكاء الاصطناعي سوف تحدد كمحورين رئيسين وهما:

الأول: الحاسبات تضاهي السلوك الذكي بقدرتها على تميز الكلام، النظر، الحزن، والاسترجاع، ومعالجة المعلومات.

الثاني: الحاسبات سوف تكون قادرة على التفكير والتخطيط.

ومن خلال المجال الأول والثاني فإن الحاسبة في نهاية الأمر سوف تحل محل العقل البشري حتى في أعمال الإدارة بعد أن حلت في الإنتاج منذ عقود كثيرة.

أما مجالات الذكاء الاصطناعي AI فإنه سوف يتحدد بثلاثة مجالات، هي الآتية:

أ- **أنظمة الخبير المتخصص Expert Systems:** إن نظام الخبير المتخصص يوظّف المعرفة البشرية التي كانت قد انجذبت واستقطبت من قبل الكمبيوتر لحل المشاكل المعقدة. وحتى يعتبر نظام متخصص، فإن النظام يجب أن يشتمل على (1) طريقة للحصول على المعرفة، (2) ذاكرة تقوم على (المعرفة)، و(3) آلية استدلالية استنتاجية (عقل) بحيث يمكنه التفكير.

إن اكتساب المعرفة يكون في تراكمها، ونقلها (تحويلها)، والتحول في مهارة حل المشاكل من مصدر ما، وعادة ما يكون خبير بشري. وفي أغلب الأحيان يكون الخبير البشري حاملاً أكثر من طاقته وعلى وشك التقاعد. لذا، فإن فكرة الاستيلاء على معرفة الخبير في جهاز كمبيوتر أساسه النظام المتخصص الذي يكون جذّاباً. إن أحدهم يدعى مهندس المعرفة يساعد الخبير البشري لهيكلة المشكلة بواسطة شرح وتفسير ودمج الإجابات البشرية، رسم التشبيهات (القياسات)، طرح الأمثلة، إظهار الصعوبات النظرية (التصورية).

إن قاعدة المعرفة يمكن الاهتمام والتفكير فيها كقاعدة بيانات فعّالة وقوية، والتي تحتوي على مثل تلك الحقائق كحالة قائمة ونظرية للمشكلة في محيط المشكلة،

وكذلك الحال بالنسبة للأحكام الخاصة التي توجه استخدام المعرفة. إن الآلية الاستدلالية (الاستنتاجية) هي برنامج كمبيوتر يمد ويزودّ بمنهجية التفكير وهذا العنصر هو المكون لصنع القرارات بالنسبة لكيفية استخدام المعرفة في النظام. إن تفسير وترجمة أنظمة الآلية الاستدلالية، هي في الحفاظ على المراقبة بكل جوانب المشكلة، وفرض الثبات والرسوم كما يبرز ويبدو الحل الموصى به.

إن هنالك الكثير من التطبيقات الكامنة لأنظمة التخصص تتضمن ارشاداً وملاذاً ضريبياً للمبالغ التي تدفع سنويا، وبرمجة تنظيمية للإنتاج. لاكورتير هو نظام متخصص قائم على الحاسوب في التخطيط المالي والذي كان قد تم تطويره بواسطة مؤسسة أنظمة المطّلع (المدرك) لحساب بنك بلجيكي رائد. إن النظام يقدم النصح في عمليات شراء الأسهم والسندات وتوزيع محفظة الأوراق المالية (وكيفية وجوب استثمار أموال العميل). والإجابات الحقيقية للأسئلة عن سوق الأسهم والسندات البلجيكي. وبالنسبة للزبون الجديد، فإن (لا كورتير) تقوم بترتيب مقابلة لجمع المعلومات عن مركزه المالي. وطبقاً لمستخدمي المحفظة الحالية للاستثمارات المالية وظروف السوق، فإن النظام يقدم النصيحة للعملاء عن ماهية الأسهم والسندات التي يمكن شراؤها أو بيعها.

أما في تخطيط التشغيل فهناك أنظمة قائمة على المعرفة هو GARI ونظام SIPP ونظام TQM. وفي مجال الصيانة فهناك نظام DELTA المطوّر، من قبل شركة جنرال الكتريك.

ب- **اللغة الطبيعية Natural Language:** وهي برنامج تمكن المستفيد من الاتصال بالحاسوب بلغته، وبحيث يكون البرنامج هو آذان الحاسوب. وهناك لغتان مستخدمتان في التخاطب مع الحاسوب وهي:

1- لغة List Process (LISP): السائدة في U.S.A.

2- لغة Programming Logic (PROLOG) : السائدة في أوربا واليابان.

ج- **الرؤية الآلية Machine Vision (MV):** وهي عيون الحاسوب، وتقوم على استخدام آلات تصوير تحس بمظهر وشكل الشيء بأبعاده الثلاثة (المجسم).

3-11- أنظمة الخزن والاسترجاع المؤتمتة

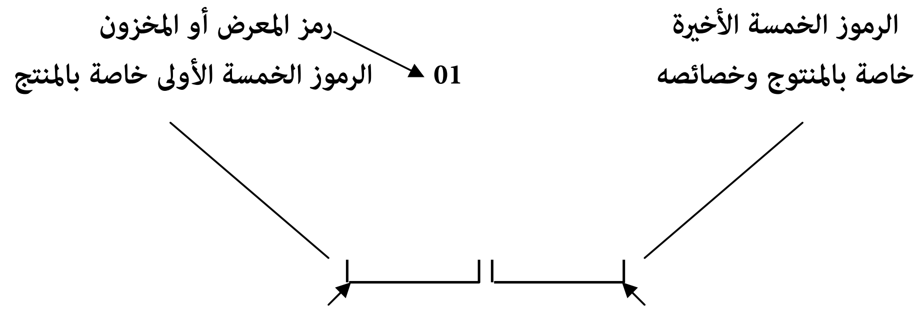
Automated Storage and Retrieval Systems (AS/RS)

تسمى هذه الأنظمة بالمستودع المؤتمت لأنها تستخدم في الخدمة المخزنية والرقابة على المخزون. ويتم الخزن والاسترجاع للمواد باستخدام رافعة مؤتمتة تعمل بالرقابة الحاسوبية. يعمل هذا النظام بالتكامل مع تكنولوجيا الرمز الشريطي. ويتألف هذا النظام من أربعة مكونات هي: تركيب المخزن، آلات الخزن والاسترجاع، أجهزة النقل والحاسبات للسيطرة والإشراف على عمليات الخزن والاسترجاع.

آلية عمل هذا النظام تتم بتحديد وصول الشحنة باستخدام تكنولوجيا الرمز الشريطي، ثم اختيار الموقع الشاغر الملائم على رفوف المخزن. وتوجه الرافعة لتحريك الشحنة إلى الموقع. وتأتي عملية الاسترجاع بعد الخزن بواسطة الحاسوب الذي يكون قد حدد موقع الخزن مسبقاً وذلك بتوجيه الرافعة المؤتمتة إلى الموقع المحدد لاسترجاعها.

3-12- تكنولوجيا الرمز الشريطي Bar Code Technology

تتكون هذه التكنولوجيا من أشرطة متباينة السمك وحيز ما بين شريط وآخر، ويمثل النمط الأشرطة والحيز الرمزي خصائص رقمية – أبجدية – (الشكل 3-3).



شكل (3-3) تكنولوجيا الرمز الشريطي

بالإضافة إلى الأشرطة هناك أرقام أسفل الأشرطة تخصص الخمسة الأخيرة الأجهزة لخصائص المنتوج، والخمسة الأولى من اليسار تشير إلى المنتج، والرقم على الجانب الأيسر من الاشرطة يحدد المعرض أو المخزن الموجودة فيه المادة.

يقوم قارئ الرمز الشريطي بحل الشفرة من خلال تعاقب هذه الأشرطة والأرقام.

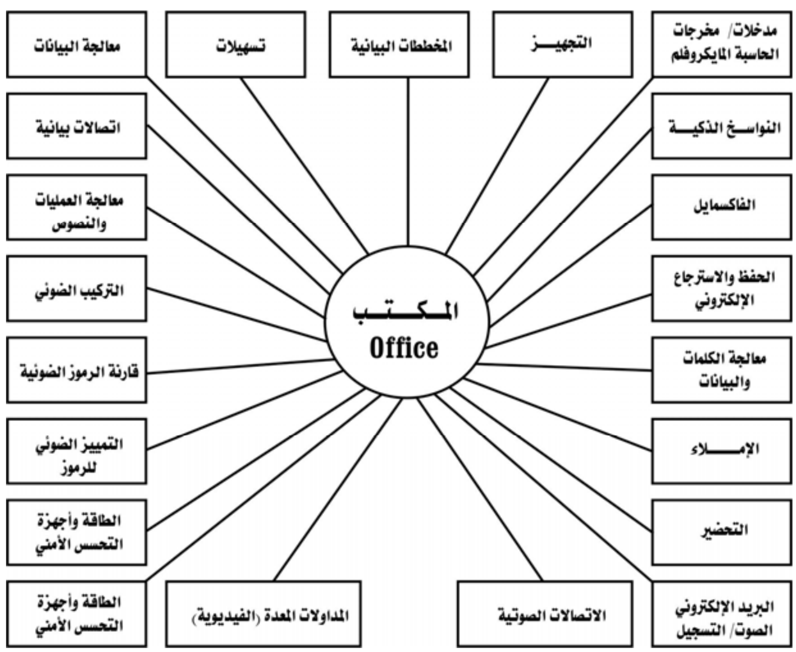
إن هذه التكنولوجيا واسعة الانتشار في تجارة الجملة والخزن في المصانع، ويكون عادة عدد الأرقام (10) وهو ما يدعى بالرمز الشريطي الدولي (Digit Code Bar). وفي حالة كانت المنتجات ذات أغلفة صغيرة يمكن أن يستخدم فقط 6 أرقام مثل السلعة، ولقد أشرنا بأن هذه التكنولوجيا مرتبطة بتكنولوجيا AS/RS، وتتكون من الرمز الشريطي الدولي أو الرمز الشريطي القياسي أو ما يدعى (Code 39)، وقارئ الشريط الذي يستخدم أنشطة ليزرية لقراءة الرمز الشريطي بالملامسة والاقتراب من الرقم بالإضافة إلى طباع الرمز الشريطي.

13-3- أتمتة المكتب Office Automation (OA)

إن أتمتة المكتب هي أنظمـة أتمتـة الوظـائف الإداريـة بشـكل متكامـل، ظهـرت لمعالجـة مشكلات تأدية الوظائف الإدارية يدوياً، وما يرافقها من انخفاض الإنتاجية وارتفاع التكـاليف. وهذه الأنشطة هي الآتية:

- البريد الإلكتروني Electronic Mail
- الاسترجاع الآلي للمعلومات Information Retrieval
- معالجة الكلمات Word Processing
- المؤتمرات البعدية Teleconferencing

وهناك الكثير من التطبيقات لأنظمة OA على صعيد العمل المكتبي انظر الشكل (3-4):



الشكل (3-4) عناصر أتمتة المكتب

أسئلة الفصل الثالث

1- كيف تستطيع توضيح مفهوم التكنولوجيا على الرغم من تعدد وجهات النظر في تعريفها؟

2- هل تؤيد فكرة أن التكنولوجيا هي الأساليب، أم هي الوسائل المستخدمة في العمليات الإنتاجية؟

3- هل أثرت التكنولوجيا على وظائف منظمات الأعمال؟

4- ما هي العلاقة بين التكنولوجيا ووظائف منظمات الأعمال؟

5- وضح بالرسم كيف ازداد تكامل وظائف منظمات الأعمال على قاعدة CIM.

6- اشرح كيف تطور مفهوم وعناصر نظام CIM.

7- ما هي أساسيات ومنطلقات واتجاهات الذكاء الاصطناعي CAI.

8- كيف تستطيع النظم الخبيرة تفعيل نظام الإنتاج؟

9- وضح المقصود بكل مما يلي: CAD, CAPP, FMS, CAM, CAD/CAM.

مراجع الفصل الثالث

(1) المنصور، كاسر، أسس تنظيم العلاقة بين الصيغ التكنولوجية والصيغ التنظيمية، مجلة التعاون الصناعي في الخليج العربي، العدد 83، السنة الحادية والعشرون، يناير 2001.

(2) Pine, B. Joseph II, Mass Customization: The New Frohtier in Business Competition, Harvard Business School press, Boston , 1993.

(3) التميمي، حسين، إدارة الإنتاج والعمليات، در الفكر للنشر، عمان، 1997.

(4) عبود، نجم، إدارة العمليات، معهد الإدارة العامة، الرياض، 2000.

(5) Turben, E., Mclean E., and Wetherbe, 30, Information Technology for Management , John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997.

(6) Chase B. Richard, Aquilano J. Nicholas, Production & Operations Management , 7th ed . Irwin McGraw Hill, New York, 1995.

(7) المنصور، كاسر، " تكثيف استخدام تكنولوجيا المعلومات في الصناعة العربية وصولاً إلى مستويات التصنيع العالمية"، المؤتمر العلمي الثاني، تكنولوجيا المعلومات والتنمية الاقتصادية، جامعة الزيتونة الأردنية، عمان، 2002.

(8) المنصور، كاسر، " تكنولوجيا المعلومات والاتجاهات المستقبلية في إدارة منظمات الأعمال، المؤتمر العلمي الأول، جامعة الزيتونة الأردنية، عمان، 2001.

(9) Giorgio Merli, " The Third Generation Total Quality Approach," The TQM Magazine Volume & Number 6, 1996, pp. 30-36.

(10) Robert Kanigel, " the One Best Way (New York: Viking, 1997); Oliver E. Allen, " This Great Mental Revolution", Audacity, Summer 1996, PP. 52-61.

(11) Y.P Gupta, Advanced Manufacturing system analysis of Trands, Management Decision Mc B. University press . vol. 27. No 5. 1989.

الفصل الرابع

البرمجـــة الخطيـــة

العناوين الرئيسة:

1- البرمجة الخطية (النماذج العامة)

1-1-مقدمة في البرمجة الخطية

1-2- طرائق البرمجة الخطية

2- البرمجة الخطية (مسائل النقل)

2-1- نموذج مصفوفة النقل

2-2- دالة الهدف

2-3- نماذج مصفوفة النقل

2-4- حل مسائل النقل

3- البرمجة الخطية (مسائل التخصيص)

3-1- الشكل العام

3-2- الشروط

3-3- الطريقة الهنغارية في حل مسائل التخصيص

3-4- مسألة البائع المتجول

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- توضيح مفهوم وأساسيات البرمجة الخطية.
2- شرح طرائق البرمجة الخطية (الطريقة البيانية والسمبلكس).
3- شرح مسائل النقل وبيان أهميتها في إدارة العمليات الإنتاجية.
4- توضـيح اسـتخدامات البرمجـة الخطيـة (مسـائل التخصـيص) في إدارة العمليـات الإنتاجية.

الفصل الرابع

البرمـــجة الخطيــة

1.البرمجة الخطية (النماذج العامة)

1-1- مقدمة في البرمجة الخطية

تعد البرمجة الخطية من أكثر الطرائق الكمية المستخدمة في حل مسائل اتخاذ القـرارات، وهي أسلوب رياضي يبحث عن أفضل الطرائـق لاسـتخدام المـوارد المتاحـة بمـا يحقـق أفضـل كفاية للمنظمات. وأهم المسائل التي تعالج بهذه الطريقة ما يلي:

- مسائل تخطيط الإنتاج والطاقة الإنتاجية.
- مسائل المزيج ذو الكلفة الأقل للإنتاج.
- مسائل النقل والتخصيص وتوزيع المنتجات.
- مسائل التوظيف وتنظيم المزيج التسويقي الأفضل.

ويتم معالجة تلك المسائل في ظل توافر الشروط التالية:

1- وجود هدف نهائي واحد A Single Objective، ويأخذ شـكلين تعظـيم النتـائج (في حالة الأرباح)، وتقليل النتائج (في حالة التكاليف).

2- وجود قيود معينـة Restrictions عـلى المتغـيرات التـي تتضـمنها المشـكلة تـؤثر في تحقيق الهدف النهائي (قيود الموارد، الزمن، المساحات، الخ..).

3- وجود علاقة تناسبية Proportionality تتمثل بعلاقة خطية بين المتغيرات الموجودة في المسألة المراد حلها يمكن التعبير عنها بخط مستقيم.

4- خاصة الإيجابية No negativity أي أن قـيم المتغـيرات التـي نحصـل عليهـا بنتيجـة الحل يجب أن تكون موجبة (تمثل وحدات حقيقة).

صياغة نموذج البرمجة الخطية:

لحل مسائل البرمجة الخطية يتم صياغة المسألة موضوع الدراسة على شكل نموذج رياضي يعبر عن معطيات المسألة، ويتم بناء النموذج باتباع الخطوات التالية:

1- تحديد دالة الهدف للمسألة المدروسة (تعظيم، تقليل) وذلك بعد تحديد مساهمة كل متغير (مقدار الربح، مقدار التكاليف) في دالة الهدف.

2- تحديد العلاقة بين المتغيرات والهدف المراد تحقيقه، وكذلك بين المتغيرات والقيود الموضوعة على هذه المتغيرات.

1-2- طرائق البرمجة الخطية

إن الطرائق المتبعة في البرمجة الخطية عديدة وهي التالية:

- طرائق عامة (الطريقة البيانية، السبمبلكس).
- طرائق خاصة (طريقة النقل، التخصيص).

1-2-1- الطريقة البيانية:

تعد الطريقة البيانية من أبسط طرائق البرمجة الخطية التي تهدف إلى إيجاد الحلول المناسبة للمسائل الإدارية المختلفة (مسائل الإنتاج، مسائل التسويق، مسائل الأفراد...)، وبخاصة تلك المتعلقة باتخاذ القرارات ذات الموضوعات الفنية والمعايير الكمية. ويقتصر استخدام هذه الطريقة على حالات خاصة كتلك التي لا يزيد فيها عدد المتغيرات عن ثلاثة، وذلك بسبب صغر تمثيل المشكلة بالرسم في حالة ازداد عدد المتغيرات عن ثلاثة.

تتألف الطريقة البيانية من الخطوات التالية:

1- يتم تحديد دالة الهدف على شكل معادلة رياضية تمثل المتغيرين للمشكلة المراد حلها.

2- يتم تحديد قيود المسألة على شكل متباينات.

3- يرسم محورين متعامدين، المحور الأفقي يمثل المتغير (س) والمحور العامودي يمثل المتغير (ص).

4- نرسم المستقيمات التي تحددها المتباينات ونحدد المنطقة المقبولة والمنطقة المرفوضة (تحديد منطقة الحل).

5- تحديد الحل الأمثل للبرنامج الخطي.

استخدامات الطريقة البيانية:

تستخدم الطريقة البيانية في الحالتين التاليتين:

1- حل مسألة مزيج الإنتاج (تعظيم الربح).

مثال (4-1):

تواجه إدارة مصنع الأدوات المنزلية مشكلة اتخاذ القرار حول مزيج الإنتاج الذي يحقق لها أكبر ربح ممكن، وحيث أن لديها الإمكانية لإنتاج البرادات والغسالات. وإنتاج كل نوع يتطلب المرور في قسمي الإنتاج، وهما (قسم إنتاج الأجزاء، قسم التجميع). ويحتاج إنتاج كل نوع لزمن معالجة في كلا القسمين وذلك كما هو موضح بالجدول التالي:

المنتجات	قسم إنتاج الأجزاء (ساعة)	قسم التجميع (ساعة)
الغسالات	20	10
البرادات	30	5

ولقد كانت الطاقة الإنتاجية المتاحة القصوى لقسم إنتاج الأجزاء 12,000 ساعة. والطاقة الإنتاجية المتاحة القصوى لقسم التجميع 3500 ساعة. والربح الناتج عن بيع الغسالة الواحدة (100) دينار. والربح الناتج عن بيع البراد الواحد (125) دينار.

المطلوب:

ما هو القرار المناسب المتعلق بتحديد مزيج الإنتاج الذي يحقق أقصى ربح ممكن لهذه الشركة.

الحل:

يتمثل الحل بالخطوات التالية:

1- تلخيص المشكلة على الشكل التالي:

نفرض أن (س) تمثل الكمية التي تصنع من الغسالات.

نفرض أن (ص) تمثل الكمية التي تصنع من البرادات.

2- تابع الهدف: (الربح)

↑ هـ =100 س + 125 ص ← أقصى ما يمكن ....(1)

3- القيود:

20س + 30ص < 12000.....................................(2)

10س + 5ص < 3500 ....(3)

س،ص > ϕ ....(4)

4- تمثيل القيود بيانياً:

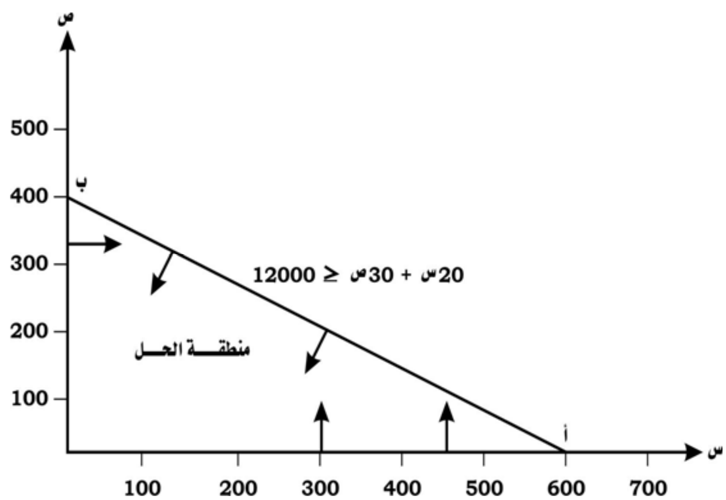
القيد الأول : 20س + 30ص ≥ 12.000

نفرض أن س = ϕ ⇐ 30ص = 12.000

⇐ ص = 400

نفرض أن ص= ϕ ⇐ 20س = 12.000

⇐ س = 600



من خلال الرسم البياني نلاحظ أن منطقة الحل تقع تحت الخط (أ،ب)

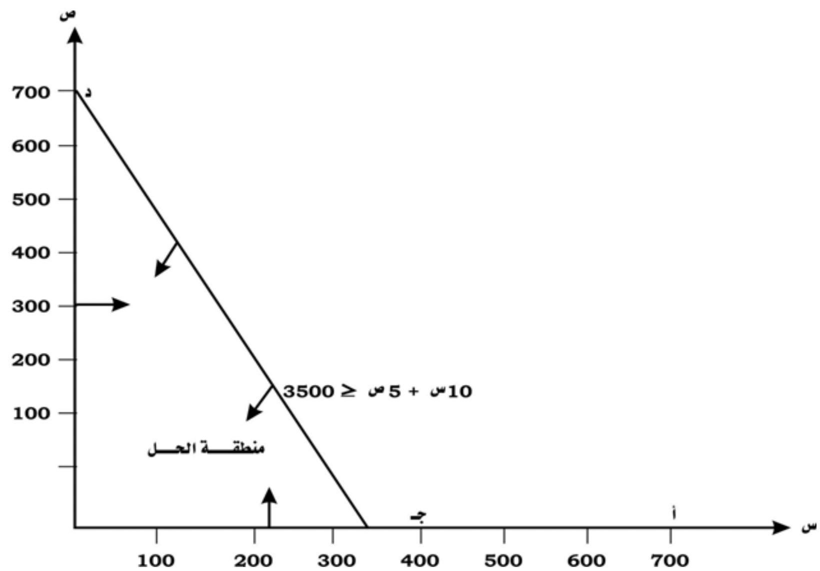
القيد الثاني : 10س + 5ص ≥ 3500

نفرض أن س = ϕ ⇐ 5ص = 3500

⇐ ص = 700

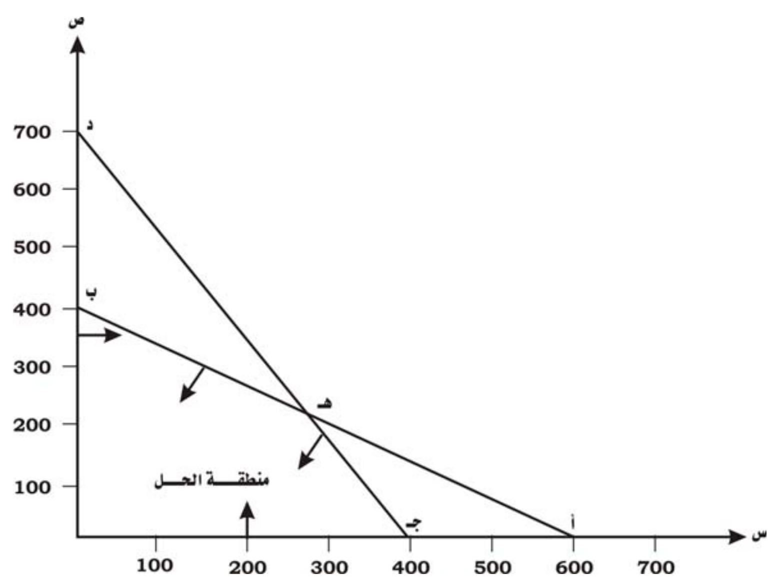
نفرض أن ص= ϕ ⇐ 10س = 3500

⇐ س = 350



من خلال الرسم البياني نلاحظ أن منطقة الحل تقع تحت الخط (جـ د).

5- تمثيل جميع القيود بيانياً على رسم واحد (أي تمثيل تابع الهدف).



من الرسم البياني نلاحظ أن نقطة الحل التالية تتمثل بالنقطة هـ (نقطة تقاطع القيد الأول مع القيد الثاني)، وتحسب على الشكل التالي:

20س + 30ص = 12.000

⟸ 20س = 12.000-30ص ⟸ س= 600- $\frac{30}{20}$ ص

10س + 5ص = 3500

⟸ 10س = 3500 - 5ص ⟸ س= 350- $\frac{5}{10}$ ص

وبما أن قيمة القيدين متساوية عند النقطة (هـ) فإننا نحصل على المتراجحة التالية:

600- $\frac{30}{20}$ص = 350 - $\frac{5}{10}$ ص

600 - 350 = $\frac{30}{20}$ص - - $\frac{5}{10}$ص

250 = $\frac{10}{10}$ص ⟸ ص = 250

وبتعويض هذه القيمة في إحدى القيدين نحصل على قيمة س = 225، وبالتعويض في تابع الهدف نحصل على الربح التالي:

هـ ↑ = 100 (225) + 125 (250) = 53.750 دينار

2- حل مسألة مزيج الإنتاج (تخفيض التكاليف إلى أدنى حد ممكن)

مثال (4-2) :

تخطط الشركة الوطنية لإنتاج الدهانات إنتاج مادة جديدة تتألف من عنصرين أساسيين. العنصر (أ) وتكلفة اللتر منه (1) دينار. والعنصر (ب) وتكلفة اللتر منه (1.60) دينار. ووحدة الإنتاج هي برميل سعة (180) لتر. فإذا كانت الشروط الفنية للإنتاج تحتم أن لا يزيد العنصر (أ) في البرميل عن (80) لتر، والعنصر (ب) لا يقل عن (40) لتر في البرميل. والمبلغ المخصص للإنتاج (24.000) دينار أسبوعياً.

المطلوب: تحديد المزيج ذو الكلفة الأقل من هذا المنتج (البرميل) والكمية الممكن إنتاجها بهذا المبلغ.

الحل :

1- تلخيص المشكلة:

نفرض أن (س) تمثل الكمية المستخدمة من العنصر (أ).

نفرض أن (ص) الكمية المستخدمة من العنصر (ب) .

2- تابع الهدف (التكلفة)

هـ ↓ = (1) س + (1.60) ص أقل ما يمكن ....(1)

3- القيود:

س ≥ 80 ....(2)

س ≤ 40 ....(3)

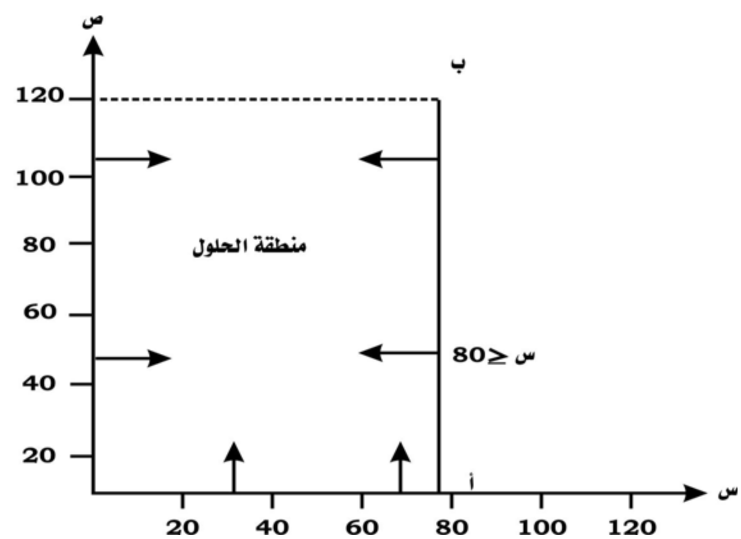
س + ص = 180 ....(4)

س،ص ≤ ϕ ....(5)

4- تمثيل القيود بيانياً:

القيد الأول : س ≥ 80

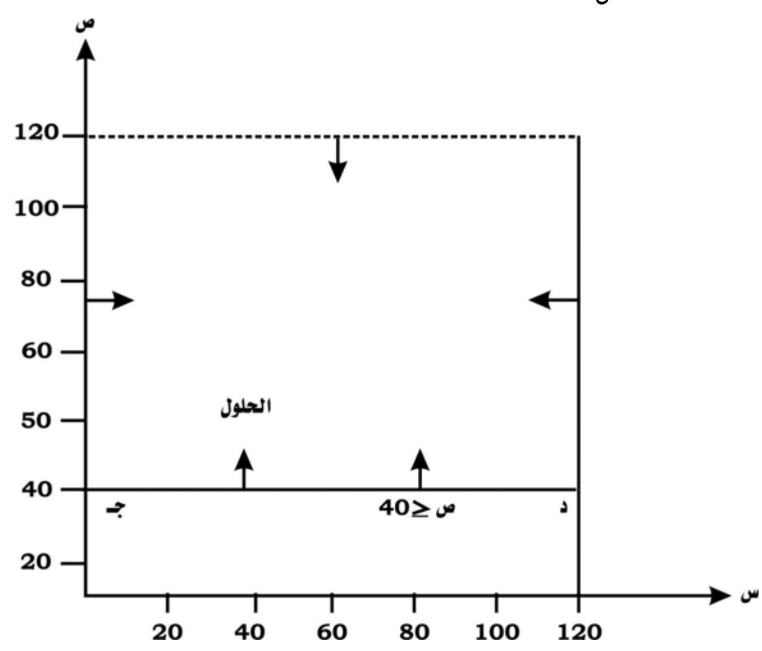
⟸ س = 80



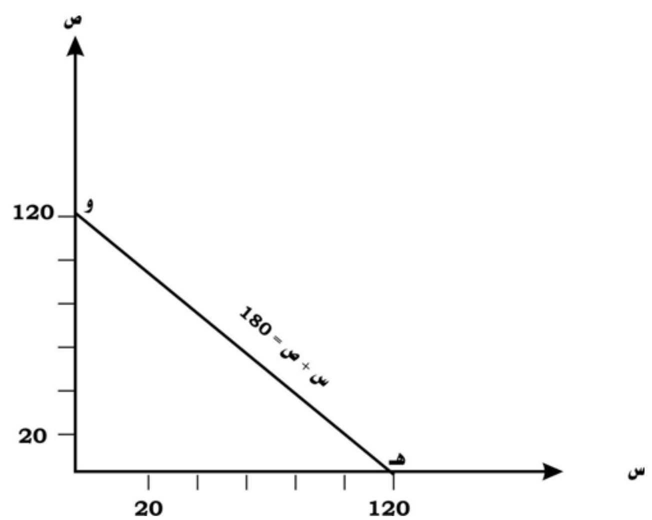
من الرسم نلاحظ أن منطقة الحل تقع على يسار الخط (أ، ب)

القيد الثاني: :ص ≤ 40

⟸ ص = 40

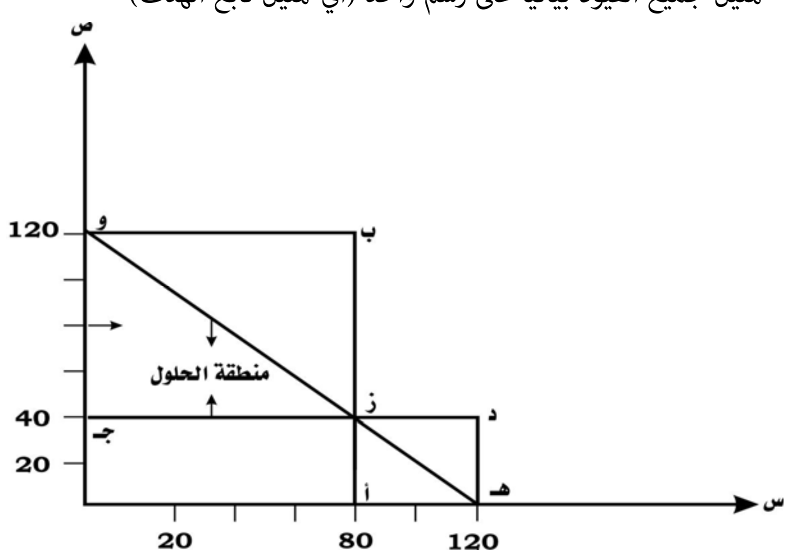


من الرسم نلاحظ أن منطقة الحل تقع فوق المنطقة المحددة بالخط (جـ د). القيـد الثالـث: س + ص = 180.



من الرسم نلاحظ أن منطقة الحل تقع على الخط المستقيم الواصل بين النقطة (هـ) والنقطـة (و)، وأي نقطـة تقـع على هـذا الخـط تمـثل المـزيج (س، ص)، وقـدرها (120) لـتر، وتحقـق المعادلة رقم (4)، وتعد حلاً مقترحاً.

5- تمثيل جميع القيود بيانياً على رسم واحد (أي تمثيل تابع الهدف)



تابع الهدف يمثل بخط مستقيم يشير إلى كمية معينة من الكلفة عند مستوى محدد من المزيج، وكل النقاط الواقعة على هذا الخط لها نفس الكلفة، لهذا يسمى هذا الخط بخط الكلفة المتماثل (المتساوي) ISO - Cost Line.

نقطة الحل المثالية هي النقطة (ز) التي تمثل س ≥ 80 ، ص ≤ 40

وبحل المعادلتين (3)، (4) نحصل على ما يلي:

س = 80 وهي أقصى كمية من س لأنها الأقل كلفة.

ص = 100 وهي أقل كمية من ص لأنها الأعلى كلفة.

التكاليف الدنيا للحصول على البرميل الواحد =

$1 \times 80 + 1.60 \times 100 = 240$ دينار

الكمية التي يمكن إنتاجها = 24.000 ÷ 240 = 1000 برميل أسبوعياً.

1-2-2- طريقة السيمبلكس The Simplex Method

تعد طريقة السيمبلكس أسلوباً متطوراً لحل مسائل البرمجة الخطية التي تتكون من أكثر من متغيرين. وهي طريقة مشابهة للطريقة الجبرية المستخدمة لحل جملة المعادلات الخطية مع اختلاف بسيط، وهو أن المعادلات الخطية للمسألة موضوع الحل تكتب على شكل جدول. وتعتمد طريقة السيمبلكس على البداية بإحدى ذروات منطقة الحل، والتي تعطي لدالة الهدف قيمة معينة (هـ 1)، وبعدها ننتقل إلى ذروة أخرى تعطي قيمة أفضل لدالة الهدف (هـ 2). وهكذا حتى نصل إلى أقصى قيمة لـ (هـ Max) وذلك في حالة التعظيم (الأرباح). أما في حالة التقليل (التكاليف) فالقيمة الأفضل هي الاقل Min. وهذه الطريقة تستخدم في حالة مسائل التعظيم (الربح)، وفي مسائل التقليل (التكاليف). ولتوضيح هذه الطريقة سوف نأخذ مثال على كل نوع من المسائل ونستعرض خطوات الحل:

1-2- مسائل تعظيم الأرباح Max

مثال (4-3):

لدينا تابع الهدف (تعظيم الأرباح)

أقصى هـ = 6س$_1$ + 2س$_2$

والقيود هي : س$_1$ + 2س$_2$ ≥ 30

2س$_1$ + 2س$_2$ ≥ 28

س$_1$، س$_2$ ≤ 0

المطلوب:

إيجاد قيمة كل من المجاهيل س$_1$، س$_2$ التي تجعل الربح أكبر ما يمكن.

طريقة الحل:

أ- تحويل القيود المفروضة (المتباينات) إلى معادلات وذلك بإضافة متغيرات راكدة ونرمز لها بالرمز م.

س$_1$ + 2س$_2$ + م$_1$ = 30 (1)

2س$_1$ + 2س$_2$ + م$_2$ = 28 (1)

س$_1$، س$_2$ ، م$_1$، م$_2$ ≤ 0

ب- تكوين جدول الحل المبدئي (الأساسي)

النتيجة	ث	ϕ	ϕ	2	6	المساهمة في تابع الهدف ل م	
قسمة ث على القيم الموجبة	الثوابت	م$_2$	م$_1$	س$_2$	س$_1$		المتغيرات الأساسية
30	30	ϕ	1	2	1	ϕ	م1
14	28	1	ϕ	2	2	ϕ	م2
	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ		هـ
		ϕ	ϕ	2	6		ر – هـ

ج- اختيـار المتغير الداخل (المتغير الأساسي الجديد) الذي يضيف أقصى ربح في الوحـدة، ويكـون المتغير المقابل لأعلى قيمة موجبة فـي الصـف (ر ،هــ). وطالما هنـاك قـيماً موجبة في هذا السطر، فهذا يعني أن هنـاك إمكانيـة زيـادة الـربح. وفي مثالنـا فـإن المتغير الداخل هو (س1) المقابل للقيمة الموجبـة (6) في الصـف (ر، هــ)، والعـامود هنا هو العامود الرئيسي الذي يحقق أكبر عائد.

ملاحظة: في حالة كان في هذا السطر أكـثر مـن قيمـة موجبـة متسـاوية فإننـا نختـار أي مـن المتغيرات المقابلة لهذه القيم وجعله متغيراً داخلاً.

د- اختيار المتغير الخارج (المتغير غير الاساسي) وتمثـل بالصـف الـذي يحـوي أقـل قيمـة نتيجة لقسمة الثوابت (عمـود ث) عـلى المعـاملات ذات القـيم العدديـة التـي تقـع تحت عامود المتغير الداخل، مع إهمال المعاملات ذات القـيم السـالبة أو الصـفرية (القسمة فقط على المعاملات الموجبة)، أي قسمة عامود (ث) على عامود (س1).

$$\frac{30}{1} = 30$$

$$\frac{28}{2} = 14$$

إذا المتغير الداخل ($س_1$)، وتصبح المتغيرات الأساسية ($س_1$، $م_1$)، والمتغيرات غير الأساسـية هي ($س_2$، $م_2$).

هـ- نحسب المعادلة المحورية (الصف الممهد) وذلك بقسمة جميع القيم في صف المتغير الخارج على قيمة العنصر ـ المحـوري (عنصر ـ الـدوران)، وينـتج عنـه سـطر الصـف الداخل، وهو هنا:

$$ن\ س_1 = \frac{\text{عناصر السطر } م_2}{\text{العنصر المحوري}} = \frac{\phi\text{ ، 2، 2، }\phi\text{، }\phi\text{، 28}}{2}$$

المتغير	$س_1$	$س_2$	$م_1$	$م_2$	الثوابت (ث)
$س_1$	1	1	ϕ	2/1	14

ونحسب تأثير المتغير الداخل على باقي المتغيرات الأساسية، أي تأثير (س1) على كل من صف ($م_1$)، وعلى صف (هـ)، وعلى صف (ر – هـ)، وذلك على الشكل التالي:

الصف الجديد ($م_1$) = (عناصر الصف القديم $م_1$) مقلوب + (العنصر المتقاطع في الصف القديم مع عامود المتغير الداخل (س) × العناصر المتناظرة في الصف الجديد).

العنصر المتقاطع ($م_2$) مع $س_1$ = 2/1 وحاصل ضربه مع الصف الممهد هو:

	1-	1-	ϕ	$\frac{1}{2}$	14-
2/1-	1	1	ϕ	$\frac{1}{2}$	16

وبالتالي فإن الصف الجديد =

عناصر الصف القديم $م_1$	1	2	**1**	ϕ	30
حاصل عملية الضرب السابقة	1-	1-	ϕ	$\frac{1-}{2}$	14-
سطر $م_1$ + الجديد	ϕ	1	**1**	$\frac{1}{2}$	16

2- نضع عناصر السطر الممهد (س$_1$)، والصف الجديد م1 في جدول السيمبلكس الثاني، ثم نحسب (هـ) و (ر – هـ).

	ر	6	2	0	ϕ		النتيجة
المتغيرات		س$_1$	س$_2$	م$_1$	م$_2$	الثوابت (ث)	قسمة ث على م$_1$
م$_1$	ϕ	ϕ	1	1	2/1	16	
س$_1$	6	1	1	ϕ	2/1	14	
هـ		6	6	ϕ	3	84	
ر – هـ		ϕ	4-	ϕ	3-		

ثم حساب (هـ) على الشكل التالي:

هـ = $\sum$ قيم عامود (في عناصر العامود المقابل لها)، وفي مثالنا:

هـ س$_1$: 0 × 0 + 6 × 1 = 6

هـ س$_2$: 0 × 1 + 6 × 1 = 6

هـ م$_1$: 0 × 1 + 6 ×2/1 = 0

هـ ث : φ × 16 + 6 × 14 = 84

ه- نكرر الخطوات السابقة اعتباراً من (ج) وذلك في حالة كان هناك في صف (ر-هـ) قيماً موجبة، وإلا فإن الحل هو الأمثل، ونلاحظ أنه لا يوجد قيم موجبة في صف (ر- هـ) في مثالنا لذلك فإن الحل هو الأمثل، وبالتالي فإن قيمة المجاهيل هي: س1 = 14، س2= φ، م1= 16. وبتعويض هذه القيم في تابع الهدف هـ = 6س$_1$ + 2س$_2$ نحصل على الحل النهائي.

هـ = 6×14 2× 0= 84

إذا الحل صحيح.

طريقة (2):

تعتمد هذه الطريقة في حل جملة المعادلات الخطية على جبر المصفوفات، وتتألف من الخطوات التالية:

1- تشكيل جدول السيمبلكس وذلك بنقل الطرف الأيمن من دالة الهدف إلى الطرف الأيسر، وفي مثالنا السابق يتم على الشكل التالي:

هـ - 6س$_1$ – 2س$_2$ = 0

وجدول السيمبلكس يأخذ الشكل التالي:

	هـ	س$_1$	س$_2$	م$_2$	م$_1$	ث
هـ	1	-6	-2	0	0	0
م$_1$	0	1	2	1	0	30
م$_2$	0	2	2	0	1	28

ونلاحظ أن قيم متغيرات القاعدة في سطرها معدومة لأننا نبدأ بالحل من القيمة φ

نشير إلى أن الحل الأمثل يكون عندما تكون جميع قيم السطر (هـ) والمقابلة للمتغير ≤ φ.

2- ومن خلال ملاحظة قيم السطر (هـ) نلاحظ أن هناك قيمتين سالبتين (-6) تقابل المتغير س1 و (-2) تقابل المتغير (س$_2$)، وعليه نحتار إحداهما ولتكن (-6). والعامود الذي يحوي هذه القيمة يكون عامود الدوران والمتغير فيه هو المتغير الداخل. أي أن س$_1$ متغير داخل.

3- نحدد عنصر الدوران في عامود الدوران، وذلك بقسمة عناصر العامود (ث) على عناصر عامود الدوران الموجبة فقط، ونأخذ ناتج القسمة الأقل. والسطر الذي يحويها هو سطر الدوران. والعنصر الذي يكون عبارة عن تقاطع سطر الدوران مع عامود الدوران هو عنصر الدوران. وفي مثالنا الحالي وبإتباع الخطوات السابقة نحصل على ما يلي:

	هـ	$س_1$	$س_2$	$م_1$	$م_2$	ث	قسمة ث على عمود الدوران
هـ	1	6-	2-	0	0	0	
$م_1$	0	1	2	1	0	30	30
$م_2$ →	0	(2)	2	0	1	28	14

4- تشكيل جدول جديد وذلك على الشكل التالي:

يتم تبديل متغير القاعدة في سطر الدوران بمتغير القاعدة مع عامود الدوران، ويجب أن تكون جميع عناصر عامود الدوران في الجدول الجديد أصفاراً ما عدا مكان عنصر الدوران يجب أن يساوي الواحد.

ولاستبدال سطر الدوران بعامود الدوران نقوم بقسمة عناصر سطر الدوران من الجدول (1) على عنصر الدوران، وفي مثالنا يكون التالي:

28 1 0 2 2 0
―――――――――――
2

14 1/2 0 1 1

$س_1 = 0$

ب) أما عامود $م_2$ فيحسب بقسمة عناصر عامود ($س_1$) على عنصر الدوران:

1 6-
――――――――
2

مع تغير الإشارات مكان عنصر الدوران

2/1- 3

$م_2 =$

ج) حسب قيمة (هـ) على الشكل التالي:

قيمة المتغير المقابل لـ (هـ) في العامود المستبدل $م_2$ × عناصر سطر الدوران

84	3	0	6	6	0	+ عناصر سطر هـ
0	0	0	2-	6-	1	
84	3	0	4	0	1	

د) نحسب قيمة باقي متغيرات القاعدة وهي هنا فقط ($م_1$) ويتم ذلك على الشكل التالي:

قيمة العنصر ($م_1$) المتقاطعة مع ($م_2$) بعد التبديل × عناصر سطر الدوران + عناصر السطر القديم لـ $م_1$:

(28	1	0	2	2	0)	2/1-
14-	2/1-	0	1-	1-	0	النتيجة
30	0	1	2	1	0	+
16	2/1-	1	1	0	0	

توضع هذه القيم الجديدة في جدول سيمبلكس ثاني، ثم تفحص قيم عناصر السطر (هـ1)، فإذا كانت جميعها موجبة فالحل أمثل، وإذا كانت هناك قيماً سالبة تكرر الخطوات السابقة.

	هـ	$س_1$	$س_2$	$م_1$	$م_2$	ن	النتيجة
هـ	1	0	4	0	3	84	
$م_1$	0	0	1	1	2/1-	16	
$س_1$	0	1	1	0	2/1	14	

نلاحظ أن جميع قيم عناصر السطر (هـ) موجبة، وبالتالي فإن الحل هو الحل الأمثل، وقيم المجاهيل هي: $س_1$ = 14، $م_1$ = س2 = φ

وهي نفس النتيجة في الطريقة السابقة.

2-2- مسائل تقليل التكاليف:

مثال (4-4):

لدينا البرنامج الخطي التالي:

أقل ↓ هـ: 2س$_1$ − 2س$_2$ − 6س$_3$

القيود 8س$_1$ − 4س$_2$ + 2س$_3$ ≤ -4 ....(1)

4س$_1$ − 2س$_2$ − 2س$_3$ ≥ 2 ....(2)

6س$_1$ + 2س$_3$ ≥ 10 ....(3)

س$_1$، س$_2$، س$_3$ ≤ 0

الحل:

نضرب دالة الهدف بـ (-1) والشرط الخطي الأول بـ (-1) وتتحول دالة الهدف إلى أقصى:

أقصى هـ = 2س$_1$ + 2س$_2$ + 6س$_3$ ↑

-8س$_1$ + 4س$_2$ − 2س$_3$ ≥ 4

4س$_1$ − 2س$_2$ − 2س$_3$ ≥ 2

6س$_1$، +2 س$_3$ ≥ 10

س$_1$، س$_2$، س$_3$ ≤ 0

يوضع (-هـ = هـ) ونقل الطرف الأيسر إلى الطرف الأيمن في دالة الهدف وإضافة متغيرات الفرق نحصل على ما يلي:

هـ + 2س$_1$ − 2س$_2$ − 6س$_3$ = 0

-8س$_1$ + 4س$_2$ − 2س$_3$ + س$_4$ = 4

4س$_1$ + 2س$_2$ − 2س$_3$ + س$_5$ = 2

6س$_1$ + 2س$_3$ − س$_6$ = 10

س1، س2، س3، س4، س5، س6 ≤ 0

جدول السيمبلكس الأولي:

	س1	س2	س3	ث	القسمة
هـ	2	2-	6-	0	
س$_4$	8-	4	2-	4	
س$_5$	4	2-	2-	2	
س$_6$	6	0	2	10	العنصر الموجب/السالب

عنصر الدوران: س3، س6 = 2

سطر الدوران: س$_6$

	س$_1$	س$_2$	س$_6$	ث	القسمة
هـ	20	2-	3	30	
س$_4$	2-	4	2/1	14	العنصر الموجب الوحيد
س$_5$	10	2-	2/1	9	
س$_3$	3	0	2/1	5	

- عنصر الدوران : س2، س3 = 4
- سطر الدوران : س$_4$
- عمود الدوران : س$_2$

جدول السيمبلكس:

	س$_1$	س$_4$	س$_6$	ث
هـ	4	2/1	4/13	37
س$_2$	2/1-	4/1	8	4/14
س$_5$	11	2/1	4/3	16
س$_3$	3	0	2/1	5

س3 يبقى نفس السطر لأن فيه عنصر ϕ في عامود الدوران.

إذاً س2 = 4/14، س$_5$ = 16، س$_3$ = 5. س$_1$، س$_4$، س$_6$ = ϕ

هـ = - هـ = 2 × 0 – 4/7 – 6 × 5 = 37

3-2 خوارزمية السيمبلكس المطوّرة(*)

تهدف الطرائق المطورة للسمبلكس إلى حل الصعوبات التي تعترض الطرائق التقليدية في حل جملة المعادلات الخطية (مثل ظهور قيم سالبة مع عامود الثوابت ث) أثناء تطور الحل، وسوف نستعرض أهم هذه الطرائق وهي خوارزمية السيمبلكس المطوّرة.

تتكون هذه الطريقة من ثلاث مراحل أساسية وهي التالية:

المرحلة الأولى : وتتألف من الخطوات التالية:

1- وضع البرنامج الخطي بالصيغة النظامية (دالة الهدف، نوع تعظيم Max).

2- وضع الشروط الخطية من الشكل ≤ وجميع المتغيرات ≤ 0.

3- تحويل الشروط الخطية إلى معادلات بإضافة متغيرات الفرق إلى الشروط الخطية.

4- نقل الطرف الأيسر من دالة الهدف إلى الطرف الأيمن.

5- نشكل جدول السيمبلكس المختزل والذي يأخذ الشكل التالي:

(*) انظر: د. خالد الماغوط، البرمجة الخطية، جامعة حلب، حلب، 1986.
وكذلك د. إبراهيم نائب، د. أنعام بافية، بحوث العمليات (خوارزميات وبرامج حاسوبية) دار وائل، عمان، 1999.

		متغيرات البرنامج المفروضة (خارج القاعدة)				
		↓س1	س2	س ك	س ن	ث
	هـ	ت1	ت2	...	ت ن	φ
	س ن+1	ع11	...	ع 1ك	ع 1ن	ت1
←	س ن+2	ع12	...	ع 2ك	ع 2ن	ث2
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
متغيرات	س ن+ل	ع ل1	...	ع ل ك	ع ل ن	ث ل
القاعدة	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
(متغيرات الفرق)	س ن+م	ع م1	...	ع م ك	ع م ن	ث م

6- يتحقق الحل الأمثل إذا كانت العناصر المقابلة لمتغيرات خارج القاعدة في سطر (هـ) كلها موجبة، والعناصر المقابلة لمتغيرات القاعدة مع عامود (ث) كلها موجبة أيضاً.

المرحلة الثانية: معالجة العناصر السالبة في كل من (هـ) و (ث).

وهنا لدينا حالتين، هما:

حالة (1):

معالجة عناصر سطـر (هـ) باستخـدام خوارزمية الأولى ومرافقه Primal and Olual Algorithrn، وخطوات الحل في هذه الحالة هي التالية:

1- تحديد عامود الدوران Pivot Column وذلك باختيار إحدى القيم السالبة في سطر (هـ) المقابلة لمتغيرات خارج القاعدة، ولتكن ت ك $<$ 0 ويكون عامود الدوران هو س ك.

2- تحديد عنصر الـدوران Pivot element وذلك باستخدام معيار ماغوط للأولي التالي بقسمة عناصر عامود (ث) على عناصر عامود الدوران المقابلة لمتغيرات القاعدة (فقط القسمة على العناصر ذات القيمة الموجبة)،

واختيار النسبة الأصغر يكون عنصرها في عامود الدوران هو عنصر الدوران.

3- تحديد سطر الدوران Pivot Line وهو السطر الذي يتقاطع مع عامود الدوران عند عنصر الدوران.

4- تشكيل جدول جديد باتباع الخطوات التالية:

أ- نضع في مكان عنصر الدوران مقلوبه.

ب- نضع نواتج قسمة سطر الدوران في الجدول القديم على عنصر الدوران بدل العناصر القديمة.

ج- نضع نواتج قسمة عامود الدوران في الجدول القديم على عنصر الدوران مع تغيير الإشارة بدل العناصر القديمة.

د- العناصر الأخرى تحسب من الجدول القديم على الشكل التالي:

	$س_{ر}$	$س_{ك}$	
هـ	$ت_{ر}$	$ت_{ك}$	ث
 $س_{ل}$ $س_{ف}$	 $ع_{لر}$ $ع_{فر}$	$ع_{لك}$ ↓ $ع_{فك}$	. . .

بفرض أن عنصر الدوران هو ($ع_{لك}$) و ($س_{ك}$) عامود الدوران و ($س_{ل}$) سطر الدوران ونريد حساب:

$$ع_{فر} = \frac{ع_{فر}\ ع_{لك} - ع_{ر}\ ع\ ل_{1}\ ع_{فك}}{ع_{لك}}$$

حيث $س_{ر} \neq س_{ك}$ أدلة الأعمدة و $س_{ل} \neq س_{ف}$ أدلة الأسطر.

هنا نميز الحالات التالية:

1- إذا كانت جميع القيم في السطر (هـ) موجبة نكون قد وصلنا إلى حل ممكن مرافق، وعندها ننتقل إلى الحالة الثانية أي معالجة عناصر السطر (ث) فإذا كانت كلها موجبة نكون قد وصلنا إلى حل أمثل.

2- إذا كان هناك عنصراً سالباً في السطر (هـ) نكرر الخطوات من (1) إلى (5) حتى تصبح كل عناصر السطر (هـ) موجبة.

مثال (4-5):

لنعد إلى البرنامج الخطي السابق في مثال رقم (1)

أقصـى: هـ = $6س_1 + 2س_2$

القيود هي: $س_1 + 2س_2 \geq 30$

$2س_1 + 2س_2 \geq 28$

$س_1 ، س_2 \geq 0$

المطلوب: حل هذا البرنامج باستخدام خوارزمسة السيمبلكس المطورة.

الحل :

1- نكتب البرنامج الخطي:

هـ $6س_1 - 2س_2 = 0$

نضيف للشروط متغيرات فرق $س_3$، $س_4$

$س_1 + 2س_2 + س_3 = 30$

$2س_1 + 2س_2 + س_4 = 28$

2- نشكل جدول السيمبلكس المختزل (الحل الأولي)

	$س_1$	$س_2$	ث	النتيجة
هـ	-6	-2	0	
س3	1	2	30	30
س4	2	2	28	14

3- الحل ليس أمثل لأن العناصر المقابلة لمتغيرات خارج القاعدة في سطر (هـ) فيها قيم سالبة يجب التخلص منها وذلك وفق الخطوات التالية:

أ- تحديد عامود الدوران، وهو هنا ($س_1$) الذي يحوي قيمة سالبة في سطر (هـ) وهي (-6).

ب- تحديد عنصر الدوران بقسمة عناصر عامود (ث) على العناصر الموجبة في عامود الدوران المقابلة، ونأخذ النسبة الأقل وهنا فإن عنصر الدوران هو (2).

	$س_1$	$س_2$	ث	القسمة
هـ	-6	-2	0	
س3	1	2	30	30
س4	2	2	28	14

ج- تحديد سطر الدوران وهو السطر (س4) تقاطع عامود الدوران مع عنصر الدوران.

د- نشكل جدول جديد وفق القواعد المذكورة سابقاً وذلك على الشكل التالي:

1- نضع مكان عنصر الدوران مقلوبه (2) يصبح 2./1

2- نضع مكان بقية عناصر سطر ($س_1$) نواتج قسمة عناصر سطر الدوران على عنصر الدوران.

3- نضع مكان بقية عناصر عامود ($س_4$) نواتج قسمة عناصر عامود الدوران على عنصر الدوران مع تغير الإشارات.

4- نضع بقية العناصر باستخدام العلاقة التالية = $\frac{ع_{فر}\, ع_{لك} - ع_{لر}\, ع_{ك}}{ع_{لك}}$

فنحصل على الجدول التالي:

	$س_4$	$س_2$	ث
هـ	3	4	84
$س_3$	2/1-	1	16
$س_1$	2/1	1	14

نلاحظ أن جميع العناصر في سطر (هـ) وكذلك في عامود (ث) هي قيم موجبة، لذلك فإن الحل الذي تم التوصل إليه هو الحل الأمثل، حيث أن:

$س_1 = 14$ $س_2 = \phi$ و$س_3 = \phi$، و$س_4 = \phi$

وتابع الهدف هـ = $6 \times 14 + 2 \times \phi = 84$

والشروط $1 \times 14 + 2 \times \phi + 1 \times 16 = 30$

$2 \times 14 + 2 \times \phi + 1 \times \phi = 28$

مثال (4-6):

لدينا البرنامج الخطي النظامي التالي:

أقصى هـ = $4س_1 + 3س_2$

القيـود:

$2س_1 + س_2 \le 1800$

$س_1 + 2س_2 \le 1440$

$س_1، س_2 \ge \phi$

الحل : نكتب البرنامج الخطي على الشكل التالي:

هـ 4س$_1$ – 3س$_2$ = 0

القيود مع إضافة المتغيرات:

2س$_1$ + س$_2$ + س$_3$ = 1800

س$_1$ + 2س$_2$ + س$_4$ = 1440

س$_1$، س$_2$، س$_3$، س$_4$ ≤ ϕ

فيكون جدول السيمبلكس الأولي كما يلي:

	س$_1$	**س$_2$**	**ث**	**القسمة**
هـ	4-	3-	0	قيم عامود ث/ قيم سطر هـ المقابلة
س$_3$	(2)	1	1800	900
س$_4$	1	2	1440	1440

نلاحظ أن عامود الدوران هو (س) وسطر الدوران هو (س$_3$)، والحل ليس أمثلاً بسبب وجود قيم سالبة في سطر (هـ)، ولمعالجتها نشكل جدول جديد.

	س$_3$	**س$_2$** ↓	**ث**	
هـ	2	1-	3600	
س$_1$	1/2	2/1	900	450
← س$_4$	2/1-	3/2	540	360

نلاحظ أن الحل الجديد ليس أمثلاً لأن هناك قيمة سالبة في سطر (هـ)، يجب أن تعالج، لذلك نكرر الخطوات السابقة ونشكل جدول أفضل.

ث	$س_4$	$س_3$	
3960	3/2	3/5	هـ
720	3/2-	3/2	$س_1$
360	3/2	3/1-	$س_2$

وبالتالي فإن الحل الأخير هو الأمثل (لا يوجد أي قيمة سالبة في سطر هـ) وعليـه $س_1$ = 720، $س_2$ = 360 و $س_3$، $س_4$ = ϕ

ودالة الهدف هـ $\nRightarrow$ 8 × 720 + 6 × 360 = 7.920

حالة (2):

معالجة عناصر عامود (ث) باستخدام خوارزمية الأولي ومرافقه، وخطوات الحل في هذه الحالة هي التالية:

1- تحديد سطر الدوران Pivot Line وذلك باختيار إحدى القيم السالبة في عامود (ث) والمقابلة لها لمتغيرات القاعدة، ولتكن ($ث_ر$ < 0)، وبالتالي فإن السطر $س_ر$ هو سطر الدوران.

2- تحديد عنصر الدوران Pivot Element وفق معيار ماغوط للأولي:

$$\frac{\text{عناصر سطر (هـ) لمقابة المتغيرات خارج القاعدة}}{\text{عناصر سطر الدوران المقابلة لمتغيرات خارج القاعدة السالبة فقط}}$$

ونختار النسبة الأكبر حيث يكون عنصرها في سطر الدوران هو عنصر الدوران.

3- تحديد عامود الدوران Pivot Column وهو العامود الذي يتقاطع مع سطر الدوران عند عنصر الدوران.

4- تشكيل جدول جديد باتباع نفس الخطوات المشروحة سابقاً للحالة الأولى.

حالة خاصة

مثال (4-7):

لدينا البرنامج الخطي التالي:

أقصى هـ = 2س$_1$ – 4س$_2$ + 3س$_3$

القيود:

س$_1$ + س$_2$ – 2س$_3$ ≥ -2

3س$_1$ + س$_3$ ≥ -1

4س$_1$ – س$_2$ ≥ 2

س$_1$، س$_2$، س$_3$ ≤ 0

المطلوب: حل هذا البرنامج باستخدام خوارزمية السيمبلكس المطورة.

الحل : نكتب البرنامج مع إضافة المتغيرات

هـ - 2س$_1$ + 4س$_2$ – 3س$_3$ = 0

القيود :

س$_1$ + س$_2$ – 2س$_3$ + س$_4$ = -2

3س$_1$ + س$_2$ + س$_5$ = -1

4س$_1$ – س$_2$ + س$_6$ = 2

س$_1$، س$_2$، س$_3$، س$_4$، س$_5$، س$_6$ ≤ 0

جدول السيمبلكس الأولي:

	س$_1$	**س$_2$**	**س$_3$**	**ث**
هـ	2-	4	3-	0
س$_4$	1	(2-)	1	2-
س$_5$	3	1	0	1-
س$_6$	4	1-	0	2

سوف نعالج عناصر العامود (ث) السالبة أولاً:

1- تحديد سطر الدوران $س_4$ = -2

2- تحديد عنصر الدوران: $\frac{\text{عناصر (هـ)}}{\text{عناصر سطر الدوران السالبة}}$

طالما لا يوجد إلا عنصراً سالباً واحداً في سطر الدوران فإنه هو عنصر الدوران.

3- تحديد عامود الدوران وهو العامود الذي يحوي عنصر الدوران:

	$س_1$	$س_2$	$س_3$	ث
هـ	ϕ	2	1-	4-
$س_2$	2/1-	2/1-	2/1-	1
$س_5$ ←	2/7	2/1	2/1	2-
$س_6$	2/5	2/1-	2/1-	3

الحل ليس أمثل لذلك نتابع معالجة عناصر العامود (ث) السالبة، ونلاحظ أن المتغير $س_2$ يصبح متغير خارج لكن جميع قيم عناصره موجبة لذلك لا يمكن حل البرنامج الآن هناك تعارض.

2. البرمجة الخطية (مسائل النقل)

لقد عولجت مسائل النقل باستخدام الأسلوب الكمي في بداية عام 1953 من قبل العالم دانترينغ[1]. حيث تم وضع خوارزمية النقل التي تقدم حلولاً عديدة للمشاكل الاقتصادية والإدارية في قطاعات نقل الموارد من مصادر الإنتاج إلى أماكن الاستخدام، وذلك بأقل كلفة ممكنة، ولهذا فإن خوارزمية النقل تعد تطويراً لاحقاً لأسلوب البرمجة الخطية، حيث يكون الهدف هو تقليل دالة الهدف إلى أقل ما

[1] مشرقي، حسن، نظرية القرارات الإدارية، دار المسيرة، عمان 1997، ص 181.

يمكن في ظل ظروف محددة. وبفرض أن كل المتغيرات التي تشكل نموذج النقل (مصفوفة النقل) هي قيم موجبة أو صفراً.

2-1- نموذج مصفوفة النقل:

يبنى نموذج مصفوفة النقل على البيانات التالية:

أ- وجـود مـوارد متاحـة $س_1$، $س_2$... $س_م$ فـي مراكـز العرض $س_ل$، حيث (ل = 1، 2... م).

ب- وجود طلب على هذه الموارد $ع_1$، $ع_2$... $ع_ن$ في مركـز الطـلب $ع_ك$، حيث (ك= 1،2.....ن).

ج- تكاليف نقل الوحدة من الموارد من مراكز العرض إلى مراكز الطلب يساوي $ت_{ل ك}$.

د- عدد خلايا المصفوفة = م × ن.

حيـث أن : م = عدد الأسطر.

و ن = عدد الأعمدة.

وبالتالي فإن المصفوفة تأخذ الشكل العام التالي:

ع / س	$ع_1$	$ع_2$	..	$ع_ك$	...	$ع_ن$	**كمية العرض Supply**
$س_1$	$ت_{11}$	$ت_{21}$	...	$ت_{1ك}$	...	$ت_{1ن}$	
$س_2$	$ت_{12}$	$ت_{22}$		$ت_{2ك}$	...	$ت_{2ن}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
$س_ل$	$ت_{ل1}$	$ت_{ل ك}$	...	$ت_{ل ك}$	...	$ت_{ل ك}$	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
$س_م$	$ت_{م1}$	$ت_{م2}$	...	$ت_{م ك}$	...	$ت_{م ن}$	
كمية الطلب Demand							$\sum ع = \sum س$

2-2 دالة الهدف

تحسب دالة الهدف لمسألة النقل من خلال مصفوفة النقل وعلى الشكل التالي:

أ) نرمز للكميات المنقولة من المصدر (ل) إلى مركز الاستخدام (ك) بـ ($\text{ص}_{\text{ل ك}}$) حيث أن (ل = 1، 2،...م) و (ك = 1,2...ن).

ب) دالة الهدف تتمثل بنقل الكميات المتاحة في مراكز العرض إلى مراكز الاستخدام (الطلب) حسب حاجتها بأقل تكلفة ممكنة أي أن:

$$\text{هـ} = \text{ت}_{11} \times \text{ص}_{11} + \text{ت}_{21} \times \text{ن}_{21} + \dots + \text{ت}_{\text{م ن}} \times \text{ص}_{\text{م ن}} \longrightarrow \text{أقل ما يمكن}$$

$$\text{أقل ما يمكن هـ} = \sum_{\text{ل}=1} \sum_{\text{ك}=1}^{\text{ن}} \text{ت}_{\text{ل ك}} \times \text{ص}_{\text{ل ك}} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

ت) نحدد الشروط الخطية وهي:

1- الشروط المتعلقة بمراكز العرض:

$\text{ص}_{11} + \text{ص}_{12} + \dots + \text{ص}_{1\text{ن}} = \text{س}_1$

$\text{ص}_{12} + \text{ص}_{22} + \dots \text{ص}_{2\text{ن}} = \text{س}_2$

....

....

$\text{ص}_{\text{م}1} + \text{ص}_{\text{م}2} + \dots + \text{ص}_{\text{م ن}} = \text{س م}$

أو $$\sum_{\text{ك}=1}^{\text{ن}} \text{ص}_{\text{ل م}} = \text{س}_{\text{ل}} \quad \text{حيث (ل = 1، 2،...م)} \dots\dots\dots\dots (2)$$

2- الشروط المتعلقة بمراكز الطلب:

$ص_{11} + ص_{12} + ... + ص_{م1} = ع_1$

$ص_{21} + ص_{22} + ... ص_{م2} = ع_2$

....

$ص_{1ن} + ص_{2ن} + ... + ص_{م ن} = ع_ن$

أو $\sum_{ك=1}^{ن} ص_{ل ك} = ع_ل$ = حيث (ك = 1.2,...ن) .... (3)

د) يشترط عند توزيع الموارد على خلايا المصفوفة أن يكون:

عدد الخلايا الممتلئة = (عدد الأسطر + عدد الأعمدة) –1

أي أن عدد الخلايا الممتلئة = (م + ن) –1

2-3- نماذج مصفوفة النقل

نميز في مسألة النقل بين نموذجين لمصفوفة النقل، وهما:

2-3-1- نموذج تساوي كميات العرض مع كميات الطلب. في هذه الحالة تتحقق المساواة التالية:

$$\sum_{ل=1}^{م} س_ل = \sum_{ك=1}^{ن} ع_ك$$

2-3-2- نموذج عدم تساوي كميات العرض مع كميات الطلب، ويأخذ الشكل التالي:

$$\sum_{ل=1}^{ن} س_ل \neq \sum_{ك=1}^{ن} ع_ك$$

في هذه الحالة نميز نموذجين، هما:

النموذج الأول:

$$\sum_{\text{ل} = 1}^{\text{ن}} \text{س}_{\text{ل}} \geq \sum_{\text{ك} = 1}^{\text{م}} \text{ع}_{\text{ك}}$$

في هذه الحالة نضيف مورد وهمي ترتيبه (م + 1)، حيث يساوي الفرق بين الكميات المطلوبة المعروضة، وتكلفة كل خلية فيه تساوي الصفر، أي:

ت (م + 1) ن = صفر

$$\text{ع}_{\text{م} + 1} = \sum_{\text{ك} = 1}^{\text{ن}} \text{ع}_{\text{ك}} - \sum_{\text{ل} = 1}^{\text{م}} \text{س}_{\text{ل}}$$

النموذج الثاني :

$$\sum_{\text{ك} = 1}^{\text{م}} \text{س}_{\text{ل}} < \sum_{\text{ل} = 1}^{\text{ن}} \text{ع}_{\text{ك}}$$

في هذه الحالة نضيف مستخدم وهمي ترتيبه (ن + 1)، حيث يساوي الفرق بين الكميات المطلوبة والكميات المتاحة، وتكلفة النقل إليه مساوية الصفر، أي:

ت $\text{م}_{\text{ن}1}$ + 1 = الصفر

$$\text{م}_{\text{ن}1} + 1 = \sum_{\text{ل} = 1}^{\text{م}} \text{س}_{\text{ل}} - \sum_{\text{ك} = 1}^{\text{ن}} \text{ع}_{\text{ك}}$$

2-4 حل مسألة النقل:

لحل مسألة النقل يجب القيام بالخطوات المتسلسلة التالية:

1- تكوين مصفوفة النقل وذلك وفق الشكل العام التالي:

ع / س	ع$_{1}$	ع$_{2}$	...	ع$_{ك}$	...	ع$_{ن}$	الكمية المطلوبة Supply
س$_{1}$	ت$_{11}$ ع$_{11}$	ت$_{21}$ ع$_{21}$	...	ت$_{1ك}$ ع$_{1ك}$	...	ت$_{1ن}$ ع$_{1ن}$	س$_{1}$
س$_{2}$	ت$_{12}$ ع$_{12}$	ت$_{22}$ ع$_{22}$	...	ت$_{2ك}$ ع$_{2ك}$	...	ت$_{2ن}$ ع$_{2ن}$	س$_{2}$
......	......	......	...	......	...	......	......
س$_{ل}$	ت$_{ل1}$ ع$_{ل1}$	ت$_{ل2}$ ع$_{ل2}$	...	ت$_{ل ك}$ ع$_{ل ك}$	...	ت$_{ل ن}$ ع$_{ل ن}$	س$_{ل}$
......	......	......	...	......	...	......	......
س$_{م}$	ت$_{م1}$ ع$_{م1}$	ت$_{م 2}$ ع$_{م 2}$	...	ت$_{م ك}$ ع$_{م ك}$	...	ت$_{م ن}$ ع$_{م ن}$	س$_{م}$
الكمية المعروضة Demand	ع$_{1}$	ع$_{2}$	...	ع$_{ك}$	...	ع$_{ن}$	$\sum$س / $\sum$غ

2- إيجاد حل أساسي أولي ممكن وفق إحدى الطرائق المعروضة.

3- البحث عن الحل الأمثل وفق إحدى الطرائق المستخدمة.

2-4-1- طرائق إيجاد حل أساسي أولي ممكن.

2-4-1-1 طريقة الركن الأول أو الخلية س$_{1}$ع$_{1}$

سوف نوضح هذه الطريقة من خلال حل المثال التالي.

مثال(4-8):

تتكـون الشركـة الوطنيــة لصناعة الأثاث المنزلي من ثلاثة مصانع هــي (س$_{1}$، س$_{2}$، س$_{3}$) موزعة على ثلاثة مواقع. وتقوم هذه المصانع بإنتاج الأجزاء والقطع لمواقع التجميع الثلاثة (ع$_{1}$، ع$_{2}$، ع$_{3}$) الموزعة على ثلاث مناطق مختلفة، حيث يتم فيها الحصول على المنتج التام. والبيانات التالية توضح تكاليف النقل، وطاقة الإنتاج، وطاقة التجميع للمصانع ولمراكز التجميع.

الطاقة الإنتاجية للمصانع هي : 40، 120، 100 على التوالي.

الطاقة الإنتاجية لمراكز التجميع: هي: 60، 80، 120 على التوالي.

تكاليف النقل بين المصانع ومراكز التجميع على الشكل التالي:

من المصنع $س_1$ إلى مراكز التجميع: $ع_1$، $ع_2$، $ع_3$. وهي : 10، 4، 8 على التوالي.

من المصنع $س_2$ إلى مراكز التجميع: $ع_1$، $ع_2$، $ع_3$. وهي : 6، 8، 7 على التوالي.

من المصنع $س_3$ إلى مراكز التجميع: $ع_1$، $ع_2$، $ع_3$. وهي : 10، 7، 6 على التوالي.

المطلوب: تحديد خطة النقل بين المصانع ومراكز التجميع التي ترتب أقل تكلفة على الشركة معتمداً طريقة الركن الأول ($س_1$ $ع_1$).

*** الحل:**

1- نشكل جدول الحل ونختار الخلية $س_1$، $ع_1$، ونبدأ بملئها ومن ثم ملئ كافة الخلايا بعدد يساوي (م + ن) – 1.

س \ ع	$ع_1$	$ع_2$	$ع_3$	كمية العرض
$س_1$	10 / 40	4	8	~~40~~ ~~0~~
$س_2$	6 / 20	8 / 80	7 / 20	~~120~~ ~~100~~ ~~20~~ ~~0~~
$س_3$	10	7	6 / 100	~~100~~ ~~0~~
كمية الطلب	~~60~~ ~~20~~ ~~0~~	~~80~~ ~~0~~	~~120~~ ~~100~~ ~~0~~	260 / 260

2- نحسب تكاليف التوزيع الإجمالية ت (ص) =

ت(ص)= 40 × 10 + 20 × 6 + 80 × 8 + 20 × 7 + 100 × 6 = 1900دينار

2-4-1-2- طريقة التكلفة الأقل:

تعتمد هذه الطريقة على عنصر التكلفة في توزيع الموارد على المراكز، إذا يتم اختبار الخلية ذات التكلفة الأقل، فالأكثر بالتتابع حتى ينتهي التوزيع، وبذلك نضمن حل مسألة النقل بأقل تكلفة.

مثال (4-9):

لدينا مصفوفة النقل التالية:

ع / س	ع$_1$	ع$_2$	ع$_3$	كمية الطلب
س$_1$	16	4	8	230
س$_2$	12	8	10	200
س$_3$	6	12	15	100
كمية الطلب	200	150	180	530 / 350

المطلوب: إيجاد الحل المبدئي الذي يرتب أقل تكلفة.

الحل:

نبدأ بترقيم الخلايا حسب الكلفة الأقل فالأكثر بالتتابع، ونوزع الموارد على هذه الخلايا بالتسلسل حتى تنتهي عملية التوزيع، وذلك كما هو وارد في المصفوفة أدناه:

س / ع	$ع_1$	$ع_2$	$ع_3$	كمية العرض
$س_1$	16	4 — 150 (1)	8 — 80 (3)	~~40~~ ~~0~~
$س_2$	12 — 100 (5)	8	10 — 100 (4)	~~200~~ ~~100~~ ~~0~~
$س_3$	6 — 100 (2)	12	15	~~100~~ ~~0~~
كمية الطلب	~~120~~ ~~100~~ ~~0~~	~~150~~ ~~0~~	~~180~~ ~~100~~ ~~0~~	530 / 530

والتكلفة الإجمالية هي:

$150 \times 4 + 80 \times 8 + 100 \times 12 + 100 \times 10 + 100 \times 6 = 3140$ دينار

2-4-1-3- طريقة الجزاء:

تعرف أيضاً بطريقة فوجل (VAM) "Vogals Approximation Method"

وتقوم هذه الطريقة على الخطوات التالية:

1- حساب الفرق بين أقل الكلفتين للأعمدة وكذلك للصفوف. وتوضع النتيجة في عامود وسطر إضافي (في حالة تساوي تكلفتين في سطر وعمود فإن الفرق بينهما لا يؤخذ). والفرق هو غرامة عدم اختيار الخلية المناسبة في التوزيع.

2- يتم اختيار العامود أو السطر ذو الغرامة الأكبر، ونختار الخلية ذات الكلفة الأقل فيه، ويتم إشباعها بالكامل وذلك حسب الموارد المتاحة والكميات المطلوبة.

3- نشطب السطر أو العامود الذي يتم إشباعه.

4- نعود من جديد من الخطوة الأولى ونجري الخطوات اللاحقة وهكذا حتى نصل إلى حل أمثل بإشباع جميع الأسطر والأعمدة.

مثال (4-10):

لدينا مصفوفة النقل التالية:

ع / س	ع1	ع2	ع3	ع4	الكميات المعروضة
س1	8	4	8	15	80
س2	3	12	9	13	40
س3	9	2	6	5	250
س4	11	7	4	10	150
الكميات المطلوبة	150	200	50	120	520 / 520

المطلوب: إيجاد الحل المبدئي لهذه المسألة والذي يرتب أقل تكلفة.

الحل:

ع / س	ع1	ع2	ع3	ع4	الكميات المعروضة	فروقات الصفوف (الغرامات)		
س1	8	4 / 80	8	15	80 0	4	4	(4)
س2	3 / 40	12	9	13	40 0	(6)	-	-
س3	9 / 10	2 / 120	6	5 / 120	250 120 10 0	3	3	4
س4	11 / 100	7	4 / 50	10	150 100 0	3	3	3
الكمية المطلوبة	150 100 0	200 120 0	80 0	120 0	520 / 520			
فروقات الأعمدة (الغرامات)	5	2	2	5				
	1	2	2	(5)				
	1	2	2	-				
	3	(5)	4	-				

التكلفة الإجمالية هي:

3,480 = 4×50+11×100+5×120+2×120+9×10+3×40+4×80 دينار

2-4-2- طرائق البحث عن الحل الأمثل:

1- طريقة المسار المغلق:

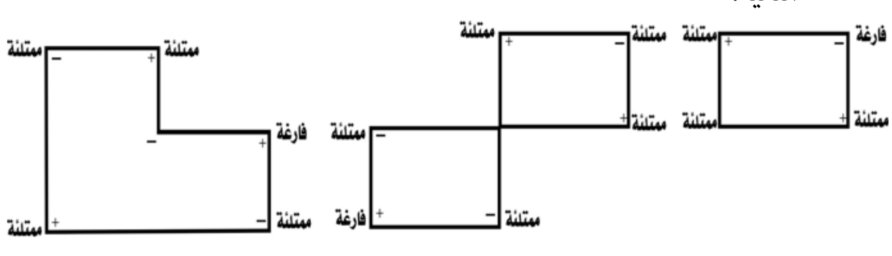
هي طريقة مباشرة تستخدم في اختبار مثولية الحل، وتقوم على الخطوات التالية:

أ- نحدد المتغيرات غير الأساسية والتي تمثل الخلايا الفارغة، ونبدأ من أول خلية فارغة في السطر الأول، ثم الخلية الفارغة التي تليها وهكذا في السطر الثاني.. الخ.

ب- يتم تحديد المسارات بالانتقال من الخلية الفارغة المراد اختبارها إلى خلية ممتلئة أخرى، علماً أن المسار المغلق يبدأ بالخلية التي تمثل متغيراً اساسي (خلية فارغة) وينتهي عندها، ويتكون من خلايا عمودية وافقية أركانها متغيرات أساسية (خلايا ممتلئة). وإذا كان هناك متغيرين أساسيين في طريق المسار فإننا نعرّج عن المتغير غير الركني. ويكون عدد المسارات المغلقة يساوي إلى عدد المتغيرات غير الأساسية.

ج- نحسب التكلفة غير المباشرة لكل مسار من المسارات المغلقة في جدول الحل الأولي. ويتم حساب ذلك بإعطاء الخلية المراد اختبارها إشارة (+) ثم تتغير الإشارة في كل خطوة من خطوات المسار (+) إلى (-) وهكذا، على أن يكون عدد الخلايا في المسار زوجياً (4) أو (6).

د- نختار المسار ذو الكلفة السالبة الأكبر، علماً أن المسارات تأخذ أحد الأشكال التالية:



هـ- نتيجة اختبار المسارات يمكن أن تكون كما يلي:

1- إذا كانت القيم الجبرية لكافة الخلايا المختبرة موجبة أو تساوي الصفر، فإننا نكون قد وصلنا إلى الحل الأمثل، وفي هذه الحالة نحسب التكلفة الإجمالية للتوزيع الأمثل:

$$ت\ (ص) = \sum ك_{ل\ ك} \times ص_{ل\ ك}$$

2- أما إذا كان هناك قيماً سلبية للخلايا المختبرة فهذا يعني أن هذه الخلايا ستساهم في خفض تكاليف النقل. في هذه الحالة علينا أن نعمل على تحسين الحل وذلك على الشكل التالي:

- نختار المسار ذو التكلفة المباشرة الأكثر سلبية (في حالة كان هناك أكثر من مسار سالب).
- نختار من قيم المتغيرات الأساسية في المسار المختار القيمة الأقل (للكمية المؤشر عليها بإشارة سالب).
- تضاف هذه الكمية إلى قيمة المتغيرات ذات الإشارة الموجبة وتطرح من المتغيرات ذات الإشارة السالبة.
- نحسب التكلفة الإجمالية لمصفوفة النقل بعد إجراء هذا التغيير ثم نعود إلى الخطوة (ج) لاختبار أمثلية الحل وهكذا.

مثال (4-11):

نعود لجدول الحل الأولي في المثال رقم (1) ونطبق خطوات الطريقة المذكورة أعلاه.

1- المتغيرات غير الأساسية هي:

($س_1ع_2$)، ($س_1ع_3$)، ($س_3ع_1$)، ($س_3ع_2$)

وعدد هذه الخلايا = (م × ن) – [(م + ن) – 1]

2- المسارات المغلقة هي:

(س$_1$ع$_2$)

	ع$_1$	ع$_2$	ع$_3$
س$_1$	40-	+	
س$_2$	20+	80-	20
س$_3$			100

(س$_1$ع$_3$)

	ع$_1$	ع$_2$	ع$_3$
س$_1$	40-		+
س$_2$	20+	80	20-
س$_3$			100

(س$_3$ع$_1$)

	ع$_1$	ع$_2$	ع$_3$
س$_1$	40-		
س$_2$	20-	80	20+
س$_3$			100-

(س$_3$ع$_2$)

	ع$_1$	ع$_2$	ع$_3$
س$_1$	40		
س$_2$	20	80-	20+
س$_3$		+	100-

3- نحسب التكاليف المباشرة لكل مسار كما يلي:

رقم المسار	**المتغيرات غير الأساسية**	**المسار المغلق للمتغير الأساسي**	**التكلفة غير المباشرة للمسار**
1	س$_1$ ع$_2$	س$_1$ع$_2$ ← س$_1$ع$_1$ ← س$_2$ع$_1$ ← س$_2$ع$_2$ ← س$_1$ع$_2$	8-=8-6+10-4
2	س$_1$ ع$_3$	س$_1$ع$_3$ ← س$_1$ع$_1$ ← س$_2$ع$_1$ ← س$_2$ع$_3$ ← س$_1$ع$_3$	3-=7-6+10-8
3	س$_3$ ع$_1$	س$_3$ع$_1$ ← س$_2$ع$_1$ ← س$_2$ع$_3$ ← س$_3$ع$_3$ ← س$_3$ع$_1$	5 =6-7+6-10
4	س$_3$ ع$_2$	س$_3$ع$_2$ ← س$_2$ع$_2$ ← س$_2$ع$_3$ ← س$_3$ع$_3$ ← س$_3$ع$_2$	ϕ = 6-7+7-7

4- المسار المختار هو المسار الأول لأن قيمة التكاليف غير المباشرة فيه (-8) وهو المسار للمتغير س$_1$ع$_2$:

س$_1$ع$_2$ ← س$_1$ع$_1$ ← س$_2$ع$_1$ ← س$_2$ع$_2$

الإشارات الجبرية: - + - +

* قيمة المتغيرات الأساسية: 40 20 80

* قيمة المتغيرات بعد إضافة: 40 60 40

وطرح أقل قيمة سالبة في المسار المغلق (40).

5- جدول التطوير الأول:

س \ ع	ع$_1$	ع$_2$	ع$_3$	كمية العرض
س$_1$	10	4 40	8	40
س$_2$	6 60	8 40	7 20	120
س$_3$	10	7	6 100	100
كمية الطلب	60	80	120	260 / 260

6- التكلفة الإجماليـة ت (ص)= 40 × 4 + 60 × 6 + 40 × 8 + 20 × 7 + 100 ×6=1,580 دينار

ومقدار التوفير في التكاليف بنتيجة هذا التطوير في الحل هو:

1900 – 1580 = 320 دينار

7- نعود ونختبر مثالية هذا الحل باتباع نفس الخطوات السابقة، وبالحل نلاحظ أن تكاليف المسارات المغلقة هي كالتالي:

رقم المسار	المتغيرات غير الأساسية	المسار المغلق للمتغير الأساسي	التكلفة غير المباشرة للمسار
1	س$_1$ 1	س$_1$ع$_1$ ← س$_1$ع$_2$ ← س$_2$ع$_2$ ← س$_2$ع$_1$ ← س$_1$ع$_1$	10-4+8+6 = 8
2	س$_1$ ع$_3$	س$_1$ع$_3$ ← س$_1$ع$_2$ ← س$_2$ع$_2$ ← س$_2$ع$_3$ ← س$_1$ع$_3$	8-4+8-7 = 5
3	س$_3$ ع$_1$	س$_3$ع$_1$ ← س$_2$ع$_1$ ← س$_2$ع$_3$ ← س$_3$ع$_2$ ← س$_3$ع$_1$	10-6+7-6= 5
4	س$_3$ ع$_2$	س$_3$ع$_2$ ← س$_2$ع$_2$ ← س$_2$ع$_3$ ← س$_3$ع$_3$ ← س$_3$ع$_2$	7-8+7-6 = ϕ

نلاحظ أن قيم كل المسارات موجبة لذلك فإن الحل السابق هو الأمثل.

2- طريقة التوزيع المعدلة Modified Distribution Method:

تعرف بطريقة المضاريب (Multiplies Method)، وتقوم على الخطوات التالية:

أ- نضيف عامود وصف جديدين للمصفوفة الأصلية (مصفوفة الحل الأولي).

ب- نضع في العامود الجديد قيم الأسطر ق$_{س ل}$ وفي السطر الجديد قيم الأعمدة ق$_{ع ك}$.

ج- نحسب قيم كل من (ق س) و (ق ع) بالاعتماد على المتغيرات الأساسية، وذلك بعد أن نفرض أن ق س$_1$ = ϕ، وتكون تكلفة الخلية الممتلئة =

ت$_{ل ك}$ = ق$_{س ل}$ + ق$_{ع ك}$

وبتطبيق الخطوات المذكورة أعلاه على جدول الحل الأولي في المثال رقم (4-8) نحصل على ما يلي:

الكمية المعروضة	11	12	10		ك / ل
	ع3	ع2	ع1	ع / س	
40	8 / 11	+ 4 / 12 *	- 10 / 40	س1	ϕ
120	7 / 20	- 8 / 80	+ 6 / 60	س2	-4
100	6 / 100	7 / 7	10 / 5	س3	-5
260 / 260	120	80	60	الكمية المطلوبة	

د- حساب التكلفة غير المباشرة للمتغيرات الأساسية على الشكل التالي:

= ق $_{\text{س ل}}$ + ق $_{\text{ع ك}}$ المقابلة للمتغيرات غير الأساسية، وتوضع النواتج في الزاوية السفلى اليسرى من خلايا المتغيرات غير الأساسية.

هـ- نؤشر الخلايا التي تكون تكلفة المتغير الأساسي فيها أقل من المتغير غير الأساسي، ونختار تلك الخلية إذا كانت وحيدة. أما في حالة كان هناك أكثر، من خلية مؤشرة فنأخذ الخلية ذات الفرق الأكبر بين التكاليف غير المباشرة. ونشكل لهذه الخلية المختارة (بتغيرها غير الأساسي) مساراًَ مغلقاً، ثم نتبع الخطوات المذكورة سابقاً في الطريقة المباشرة.

المسار المغلق هو : س$_1$ع$_2$ ← س$_1$ع$_1$ ← س$_2$ع$_1$ ← س$_2$ع$_2$ ← س$_1$ع$_2$ ←

الإشارات الجبرية: + - + -

قيمة المتغيرات الأساسية: 40 20 80

قيمة المتغيرات بعد إضافة: 40 60 40

وطرح أقل قيمة سالبة (40)

يتم إعادة التوزيع كما هو وارد في المسار المغلق س$_1$ ع$_1$، ثم نحسب التكلفة الإجمالية=4×40 + 60 ×6 + 40 × 8 + 20 × 7 + 100 × 6 =1,580 دينار.

وهذه النتيجة هي نفسها في الطريقة المباشرة، ويمكن أن نتأكد بأن هذا الحل هو الأمثل باتباع الخطوات السابقة للطريقة، وذلك على الشكل التالي:

ك / ل		2	4	3	الكمية المعروضة
	ع / س	ع$_1$	ع$_2$	ع$_3$	
ϕ	س$_1$	10 / 2	4 / 40	8 / 3	40
-4	س$_2$	6 / 60	8 / 40	7 / 20	120
-5	س$_3$	10 / 5	7 / 7	6 / 100	100
الكمية المطلوبة		60	80	120	260 / 260

نلاحظ أنه لا توجد أي خلية فيها تكلفة المتغير الأساسي أقل من تكلفة المتغير غير الأساسي، وبالتالي فإن الحل هو الأمثل.

3. البرمجة الخطية (مسائل التخصيص)

3-1- الشكل العام:

تستخدم نظرية التخصيص (التعين) في حل كثير من المسائل الإدارية (إدارة الإنتاج والمبيعات والأفراد)، وتعد أسلوباً فعالاً في حل مشكلات تخصيص الموارد المحدودة لأعمال مختلفة بشكل يحقق أعلى كفاية اقتصادية (اقل كلفة أو أقصى ربح)، كما تعد مسألة التخصيص حالة خاصة من مسألة النقل.

تقوم هذه الطريقة في حل المسائل الإدارية على تمثيل المسألة(المشكلة) الإدارية على شكل مصفوفة كما يلي:

ص / س	$ص_1$	$ص_2$	$ص_3$	...	ص ك	...	$ص_ن$
$س_1$	$س_1$ $ص_1$	$س_1$ $ص_2$	$س_1$ $ص_3$	...	س $ص_ك$	...	$س_1$ $ص_ن$
$س_2$	$س_2$ $ص_1$	$س_2$ $ص_2$	$س_2$ $ص_3$	...	$س_2$ $ص_ك$	...	$س_2$ $ص_ن$
$س_3$	$س_3$ $ص_1$	$س_3$ $ص_2$	$س_3$ $ص_3$	...	$س_3$ $ص_ك$	...	$س_3$ $ص_ن$
...	...	...	...	...	...	...	...
$س_ر$	$س_ر$ $ص_1$	$س_ر$ $ص_2$	$س_ر$ $ص_3$	...	$س_ر$ $ص_ك$	...	$س_ر$ $ص_ن$
...	...	...	...	...	...	...	...
$س_م$	$س_م$ $ص_1$	$س_م$ $ص_2$	$س_م$ $ص_3$	...	$س_م$ $ص_ك$	...	$س_م$ $ص_ن$

3-2- الشروط:

ويشترط لحل هذه المصفوفة - وفق قواعد نظرية التخصيص - أن يتوافر ما يلي:

3-2-1- الحالة العامة:

1- أن تكون المصفوفة مربعة، أي عدد الصفوف يساوي عدد الأعمدة $س_ر$ = $ص_ك$. حيث أن م = ن.

وفي حالة م # ن نضيف مهمات أو أعمال وهميين لتحقيق المساواة.

2- التكاليف محددة مسبقاً ولا تأخذ قيماً سالبة.

3- يخصص مورد واحد لكل عمل مطلوب فقط، أي أن المورد لا يخصص لأكثر من عمل واحد أقل ما يمكن. ويتم صياغة النموذج الخطي كما يلي:

$$\text{هـ} \downarrow = \sum_{\text{ل}=1}^{\text{ن}} \sum_{\text{ك}=1}^{\text{ن}} \text{ت}_{\text{ل ك}}\,\text{ص}_{\text{ل ك}} \text{ أقل ما يمكن}$$

حيث أن (ل = 1، 2، ....، ن) و (ك = 1، 2، ...، ن).

يجب أن يتم اختيار عنصراً واحداً من كل سطر ومن كل عامود من المصفوفة المربعة، بحيث يكون مجموع تلك العناصر أكبر ما يمكن في حالة الربح وأصغر ما يمكن في حالة التكاليف. ويرمز للمتحول س$_{\text{ل}}$ ص$_{\text{ك}}$ الذي يأخذ قيمة تساوي (1) عندما يتم تخصيص المورد س$_{\text{ل}}$ للعمل ص ك، ويأخذ قيمة تساوي (ϕ) عندما يكون عكس ذلك.

ولأن المورد الواحد لا يخصص إلا لعمل واحد فهذا يعني أن واحداً فقط من المتحولات في الصف (ل) سيأخذ قيمة تساوي الواحد، أما بقية المتحولات في ذلك السطر فإنها تأخذ قيماً تساوي الصفر، على أن تحقق الشروط الخطية التالية:

$$\text{س}_1\text{ص}_1 + \text{س}_1\text{ص}_2 + .. + \text{س}_1\text{ص}_{\text{ك}} + ... + \text{س}_1\text{ص}_{\text{ن}} = 1$$

$$\text{س}_2\text{ص}_1 + \text{س}_2\text{ص}_2 + .. + \text{س}_2\text{ص}_{\text{ك}} + ... + \text{س}_2\text{ص} = 1$$

$$\vdots$$

$$\text{س}_{\text{م}}\text{ص}_1 + \text{س}_{\text{م}}\text{ص}_2 + .. + \text{س}_{\text{م}}\text{ص}_{\text{ك}} + ... + \text{س}_{\text{م}}\text{ص}_{\text{ن}} = 1$$

علماً أن : م = ن

وكذلك فإن العمل الواحد لا يخصص له إلا مورد واحد، وبالتالي فإن واحداً فقط من المتحولات $س_{ل} ص_{ك}$ في العامود (ك) سيأخذ قيمة تساوي الواحد، وبقية المتحولات في ذلك العامود فإنها تأخذ قيماً تساوي الصفر، على أن تتحقق الشروط الخطية التالية:

$$س_{1} ص_{1} + س_{2} ص_{1} + .. + س_{ك} ص_{1} + ... + س_{م} ص_{1} = 1$$

$$س_{1} ص_{2} + س_{2} ص_{2} + .. + س_{ك} ص_{2} + ... + س_{م} ص_{2} = 1$$

$$\vdots \quad \vdots \qquad \vdots \quad \vdots \qquad \vdots \quad \vdots \qquad \vdots \quad \vdots$$

$$س_{1} ص_{ن} + س_{2} ص_{ن} + .. + س_{ل} ص_{ك} + ... + س_{م} ص_{ن} = 1$$

علماً أن : $م = ن$

$$س_{ل} ص_{ك} = \leq \phi$$

3-2-2- الحالة الخاصة:

في حالة عدم تحقيق شرط المساواة بين عدد الأعمدة والصفوف فإننا نميز هنا حالتين وطريقتين للحل:

الحالة الأولى: عندما يكون عدد الصفوف أقل من عدد الأعمدة، والحل يكون بإضافة صف وهمي على أن تكون قيم خلاياه صفر. وهذا يتم في حالة كانت المصفوفة مصفوفة تكاليف. أما في حالة كانت المصفوفة مصفوفة أرباح فيجب تحويل المصفوفة إلى مصفوفة تكاليف (ندم)، ثم نضيف صف وهمي تكون قيم خلاياه صفر.

الحالة الثانية: عندما يكون عدد الأعمدة أقل من عدد الصفوف فإننا نضيف عامود وهمي على أن تكون قيم خلاياه صفر، وذلك في حالة كانت المصفوفة مصفوفة تكاليف، أما في حالة الأرباح فتتبع نفس الإجراءات في الحالة الأولى.

3-3- الطريقة الهنغارية في حل مسائل التخصيص

تقوم هذه الطريقة على عدد من الخطوات وهي التالية:

أ- نؤشر على أقل قيمة في كل صف، ونطرح منها باقي القيم من ذلك الصف.

ب- نؤشر على أقل قيمة في كل عامود، ونطرح منها باقي القيم من ذلك العامود.

ج- نخصص في كل صف به صفر واحد، ونشطب باقي الأصفار في عامود ذلك الصفر.

د- نخصص في كل عامود به صفر واحد، ونشطب باقي الأصفار في صف ذلك الصفر.

هـ- الهدف تخفيض التكلفة إلى أقل حد ممكن.

مثال (4-12):

ورد للشركة الحديثة للتعدين خمسة أوامر إنتاج، هي (1، 2، 3، 4، 5)، يتوجب معالجتها على الآلات الخمس التالية (أ، ب، ج، د، هـ)، وتكاليف الأوامر على تلك الآلات هي كما واردة في المصفوفة التالية:

المراكز الآلات / أوامر الإنتاج	1	2	3	4	5
أ	21	30	9	20	15
ب	12	24	23	28	17
ج	21	17	18	20	25
د	14	17	12	20	12
هـ	23	17	19	14	15

المطلوب:

تخصيص هذه الأوامر على الآلات المتاحة بحيث يترتب على معالجتها أقل تكلفة.

الحل:

نستخدم في حل هذه المسألة الإدارية الطريقة الهنغارية، والتي تتكون من الخطوات التالية:

1- نحدد أقل قيمة في كل صف ونطرح باقي قيم الصف منها، فنحصل على المصفوفة التالية.

الآلات / أوامر الإنتاج	1	2	3	4	5
أ	12	21	ϕ	11	6
ب	ϕ	12	11	16	5
ج	4	ϕ	1	3	8
د	2	5	ϕ	8	ϕ
هـ	9	3	5	ϕ	1

2.حدد أقل قيمة في كل عامود ونطرح باقي قيم العامود منها فنحصل على نفس المصفوفة لأن القيم في الأعمدة كانت صفر، وبالتالي تبقى المصفوفة أعلاه على حالها.

2- نخصص الصفوف التي بها صفر، ونشطب باقي الأصفار في عامود ذلك الصفر.

3- نخصص الأعمدة التي بها صفر واحد، ونشطب باقي الأصفار في صف ذلك الصفر.

الآلات / أوامر الإنتاج	1	2	3	4	5
أ	12	21	ϕ	11	6
ب	ϕ	12	11	16	5
ج	4	ϕ	1	3	8
د	2	5	ϕ	8	ϕ
هـ	9	3	5	ϕ	8

4- إن تخصيص الأوامر يكون على الشكل التالي:

الآلات	أ	ب	ج	د	هـ	التكلفة الإجمالية (دينار)
الأوامر	3	1	2	5	4	
التكلفة	9	12	17	12	14	64

ملاحظة:

يصعب في بعض الحالات الوصول إلى حل كامل وفق الخطوات السابقة، لذلك يمكن تطوير الحل وفق الخطوات التالية:

1- نؤشر على الأعمدة التي بها أصفار بخط عند تخصيص الصفوف.

2- نؤشر على الصفوف التي بها أصفار بخط عند تخصيص الأعمدة.

في هذه الحالة تصبح جمع الأصفار مؤشرة بخطوط (يجب أن تؤشر بأقل عدد من الخطوط).

3- نـأخذ أقل قيمة غير مؤشرة بخط.

4- نطرح هذه القيمة من كل قيمة لم تؤشر بخط.

5- نجمع هذه القيمة إلى كل قيمة تقع عند تقاطع خطين.

6- القيم التي يمر بها خط واحد، وكذلك الأصفار تظل كما هي.

7- نكرر خطوات (3 ، 4) سابقاً ونتابع الخطوات الجديدة حتى نصل إلى حل كامل.

مثال (4-3):

لدينا أوامر الإنتاج الستة التالية (1، 2، 3، 4، 5، 6)، وتكاليف إنجازها على الآلات التالية (أ، ب، ج، د، هـ و)، وذلك كما هو وارد في المصفوفة التالية:

أوامر الإنتاج / الآلات	1	2	3	4	5	6
أ	41	15	42	39	62	31
ب	40	71	55	39	19	12
ج	22	27	42	38	29	17
د	33	27	52	38	40	35
هـ	23	20	16	29	30	19
و	20	41	50	30	30	72

المطلوب:

تخصص هذه الأوامر على الآلات المتاحة بحيث يترتب على معالجتها أقل تكلفة.

الحل:

1- نطرح من كل صف أقل قيمة فيه ونرتب ذلك في مصفوفة جديدة وهي التالية:

الآلات / أوامر الإنتاج	1	2	3	4	5	6
أ	26	ϕ	27	14	27	16
ب	28	59	43	27	7	ϕ
ج	5	5	24	23	12	ϕ
د	6	ϕ	15	11	13	8
هـ	7	4	ϕ	13	14	3
و	ϕ	21	30	10	10	52

2- نطرح من كل عامود أقل قيمة فيه فنحصل على المصفوفة التالية:

الآلات / أوامر الإنتاج	1	2	3	4	5	6
أ	26	ϕ	27	4	40	16
ب	28	59	43	27	ϕ	ϕ
ج	5	5	24	23	5	ϕ
د	6	ϕ	15	1	6	8
هـ	7	4	ϕ	3	7	3
و	ϕ	21	30	ϕ	3	52

3- نخصص الصفوف والأعمدة على الشكل التالي:

أ- صف (أ) فيه صفر واحد نخصصه، ونشطب باقي أصفار العامود (2) الموجود فيه هذا الصفر.

ب- صف (ج) فيه صفر واحد نخصصه، ونشطب باقي أصفار العامود (6) الموجود فيه.

ج- صف (هـ) فيه صفر واحد نخصصه.

د- عامود (1) فيه صفر واحد نخصصه.

ه- عامود (4) فيه صفر واحد نخصصه، ونشطب باقي أصفار صف (و) الموجود فيه هذا الصفر.

و- عامود (5) فيه صفر واحد نخصصه.

نلاحظ أننا لم نصل إلى حل كامل لذلك نتبع الخطوات التالية:

1- الصفر الموجود في الخلية (أ2) خصص عند اختيار الصفوف، لذلك نضع خطاً على العامود (2).

2- الصفر في الخلية (ب5) خصص عند اختيار الأعمدة، لذلك نضع خطاً على صف (ب).

3- الصفر في الخلية (ج6) خصص عند اختيار الصفوف، لذلك نضع خطاً على عامود (6).

4- الصفر في الخلية (هـ3) خصص عند اختيار الصفوف، لذلك نضع خطاً على عامود (3).

5- الصفر في الخلية (و4) خصص عند اختيار الأعمدة، لذلك نضع خطاً على صف (و).

6- أن أقل قيمة غير مغطاة بخط موجود في الخلية (د4) ومقدارها (1).

7- تطرح هذه القيمة من كل قيمة لم يمر بها خط.

8- تضاف هذه القيمة على كل قيمة تقاطع عندها خطان على أن لا تتغير الأصفار للقيم التي مر بها خط واحد، فنحصل على الجدول التالي:

الآلات / أوامر الإنتاج	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
أ	25	$\boxed{\phi}$	27	3	39	16
ب	28	60	44	17	$\boxed{\phi}$	$\boxed{\phi}$
ج	4	5	24	22	4	ϕ
د	5	$\boxed{\phi}$	15	$\boxed{\phi}$	5	8
هـ	6	4	$\boxed{\phi}$	2	6	3
و	$\boxed{\phi}$	22	31	$\boxed{\phi}$	3	52

9- نعيد تخصيص الصفوف أو الأعمدة من جديد فنحصل على الجدول (أعلاه أيضاً).

10- تخصيص الأوامر يتم على الشكل التالي:

الآلات	**أ**	**ب**	**ج**	**د**	**هـ**	**و**	**التكاليف الإجمالية (دينار)**
الأوامر	2	5	6	4	3	1	
التكاليف	15	19	17	38	16	20	125

ب- في حالة العوائد الأرباح (تعظيم الأرباح):

1- نحول مصفوفة الأرباح إلى مصفوفة تكلفة أو ندم، ويتم ذلك بأخذ أكبر قيمة في الصف ونطرح بقية القيم منها لنفس الصف.

2- نؤشر على أقل قيمة في كل عامود، ونطرح منها بقية القيم من ذلك العامود لمصفوفة الندم (الكلفة).

3- نخصص في كل صف به صفر واحد، ونشطب باقي الأصفار في عامود ذلك الصفر.

4- نخصص في كل عامود به صفر واحد، ونشطب باقي الأصفار في صف ذلك الصفر.

5- الهدف تعظيم العائد أو الربح إلى أقصى حد ممكن.

مثال (4-14):

يتكون مصنع الشركة العربية للصناعات الكهربائية من أربعة خطوط إنتاج، ويمكن لهذه الخطوط إنتاج أربع أنواع من السلع هي (الغسالات، البرادات، أفران الغاز، المدافئ). والمصفوفة التالية تمثل العوائد الناتجة عن بيع هذه السلع في حالة إنتاجها على خطوط الإنتاج:

السلع / خطوط الإنتاج	غسالات	برادات	أفران غاز	مدافئ
خط (أ)	40	40	60	120
خط (ب)	60	50	80	100
خط (ج)	110	80	60	100
خط (د)	80	130	80	100

المطلوب: تخصيص إنتاج هذه السلع على خطوط الإنتاج بحيث يتحقق أعلى ربح ممكن.

الحل:

1- نحول مصفوفة الأرباح إلى مصفوفة تكلفة أو ندم، ويتم ذلك بأخذ أكبر قيمة في كل صف وطرح باقي القيم منها فنحصل على المصفوفة التالية:

السلع / خطوط الإنتاج	غسالات	برادات	أفران غاز	مدافئ
خط (أ)	80	80	60	ϕ
خط (ب)	40	50	20	ϕ
خط (ج)	ϕ	30	50	10
خط (د)	50	ϕ	50	30

2- نؤشر على أقل قيمة في كل عامود ونطرح منها باقي القيم من ذلك العامود لمصفوفة الندم (الكلفة) فنحصل على المصفوفة التالية:

السلع / خطوط الإنتاج	غسالات	برادات	أفران غاز	مدافئ
خط (أ)	80	80	40	ϕ
خط (ب)	40	50	ϕ	ϕ
خط (ج)	ϕ	30	30	10
خط (د)	50	ϕ	30	30

وبعد تطبيق الخطوات فإن الحل الأمثل يكون على الشكل التالي:

الخطوط	أ	ب	ج	د	الربح الإجمالي (دينار)
السلع	مدافئ	أفران	غسالات	برادات	
العوائد	120	80	110	13	440

3-4- مسألة البائع المتجول (حالة خاصة في التخصيص)

تتلخص هذه المسألة بمشكلة انتقال بائع من مكان معين (مراكز الانطلاق) ليزور (ن-1) مكان، ثم يعود لمركز انطلاقه، شرط أن يتحقق ما يلي:

- زيارة كل مكان مرة واحدة.
- تكلفة السفر بين كل زوج من الأماكن يساوي (ت$_{ر ك}$)، علماً أنه ليس من الضروري أن يكون ت$_{ر ك}$ = ث$_{ك ر}$.
- دالة الهدف إيجاد خطة الرحلة المثلى الذي يحقق أقل تكلفة ممكنة.
- أن خط الرحلة يتكون من (ن) مكان متتابع، ويصل بين مكانين متتاليين طريق (وصلة).
- جميع الوصلات تشكل دائرة كاملة.

حل المسألة:

يمكن حل المسألة وفق خطوات خوارزمية أقرب جار **Nearest Neighbor Algorithm** بعد أن تحوّل المسألة إلى مسألة تعيين لها (ن) عمل، وتكلفة السفر هي تكلفة التعيين، واعتماد مبدأ اختيار أرخص وصلة متبقية على التوالي. والخطوات هي التالية:

1- تشكيل مصفوفة التكلفة من (ن) سطر و (ن) عامود، وعناصر المصفوفة تمثل تكاليف السفر ت$_{ر ك}$. وحيث أن ت$_{ر ك}$ = ϕ عندما ل = ك (تكلفة السفر بين نفس المكان معدومة).

2- استبدال عناصر القطر الرئيسي بأرقام كبيرة (أكبر من أي رقم موجود في المصفوفة أو بإشارة -).

3- اختيار أصغر عنصر من عناصر المصفوفة ونضع حوله دائرة (في حالة تساوي بعض العناصر نختار أي منها كيفياً).

4- استبدال عناصر سطر وعامود العنصر الموضوع حوله دائرة بأرقام كبيرة أو إشارة (-).

5- نرسم جدول المصفوفة من جديد ونؤشر على أصغر عنصر، ونبدل عناصر سطره وعموده بأرقام كبيرة أو إشارة (-). نتابع حتى تشكل الوصلات التي حصلنا عليها دائرة كاملة، أي عندما يصبح عدد العناصر الموضوع حولها دائرة يساوي إلى عدد الأماكن التي سيزورها البائع بما فيها مكان الانطلاق، عندئذ نكون قد وصلنا إلى الحل (الأقرب إلى الأمثل).

مثال (4-15):

لدينا مصفوفة النقل لبائع بيتزا متجول، تتضمن الأماكن التي يتوجب زيارتها مرة واحدة (توصيل الطلبات)، وتكاليف زيارة كل مكان.

6	5	4	3	2	1	
10	5	9	7	25	-	1
15	25	20	12	-	10	2
35	10	30	-	30	10	3
40	25	-	15	30	5	4
30	-	10	30	10	8	5
-	25	20	25	20	15	6
10	5	9	7	25	-	1
15	25	20	12	-	-	2
35	10	30	-	30	-	3
-	-	-	-	-	5	4
40	-	10	30	10	-	5
-	25	20	25	10	-	6
-	5	-	-	-	-	1
15	-	20	12	-	-	2
35	-	30	-	30	-	3
-	-	-	-	-	5	4
40	-	10	30	10	-	5
-	-	10	25	20	-	6
-	5	-	-	-	-	1
15	-	20	12	-	-	2
35	-	30	-	-	-	3
-	-	-	-	-	5	4
-	-	-	-	10	-	5
-	-	20	25	-	-	6
-	5	-	-	-	-	1
-	-	-	12	-	-	2
35	-	30	-	-	-	3
-	-	-	-	-	5	4
-	-	-	-	10	-	5
-	-	20	-	-	-	6
-	5	-	-	-	-	1
-	-	-	12	-	-	2
35	-	-	-	-	-	3
-	-	-	-	-	5	4
-	-	-	-	10	-	5
-	-	20	-	-	-	6

الوصلات 1 5، 2 ← 3، 3 ← 6، 4 ← 5، 1 2، 6 ← 4 ← ←

التكلفة 5 + 12 + 35 + 5+ 10 + 20 = 87 دينار.

كما يمكن حل المسألة مباشرة بطريقة التأشير على صف وعمود العنصر المختار، وبالتالي استخدام جدول واحد، وذلك على الشكل التالي:

	1	2	3	4	5	6
1	-	25	7	9	(5)	10
2	10	-	(12)	20	25	15
3	10	30	-	30	10	(35)
4	(5)	30	15	-	25	40
5	8	(10)	30	10	-	30
6	15	20	25	(20)	25	-

كما هو ملاحظ فإنها نفس النتيجة السابقة.

أسئلة ومسائل الفصل الرابع

مسألة (1)

تنتج منظمة صناعية تجارية أربعة أنواع من الأعلاف هي:

أ- أعلاف للدواجن.

ب- أعلاف للأغنام.

ج- أعلاف للأبقار الحلوب.

د- أعلاف لتسمين العجول.

وكل نوع منها يحتوي ثلاثة عناصر علفية لكن بنسب مختلفة لكل منها. والربح الناتج عن كل نوع، والكميات المتوفرة من العناصر هي كما واردة في الجدول التالي:

عناصر العلفة / أنواع الأعلاف	شعير	نخالة	ذرة	الأرباح بالقرش لكغم
(أ) للدواجن	%25	%25	%50	10
(ب) للأغنام	%50	%30	%20	15
(ج) للأبقار	%30	%30	%40	15
(د) للعجول	%70	%20	%10	25
الكميات المتوفرة كغم/أسبوعياً	25.000	20.000	12.000	

الطلب على هذه المنتجات يستوعب كل ما ينتج.

المطلوب: تحديد المزيج العلفي الذي يحقق أعلى كفاية اقتصادية لهذه المنظمة.

مسألة رقم (2):

شركة صناعية تنتج منتجها في الورشتين (أ،ب)، وتشحن السلعة من هاتين الورشتين إلى ثلاثة مخازن موزعة على ثلاث مناطق. والجدول التالي يوضح طاقة إنتاج كل ورشة أسبوعياً، وطاقة استيعاب كل مخزن أسبوعياً، وتكاليف الشحن من مراكز الإنتاج إلى المخازن.

المخازن / الورشات	مخزن (1)	مخزن (2)	مخزن (3)	الطاقة
ورشة (أ)	2	4	6	800
ورشة (ب)	3	3	7	800
الطاقة	600	500	500	1600

المطلوب: إيجاد أفضل طريقة لتوزيع الإنتاج من الورشات على المخازن، وبحيث تكون التكاليف أقل ما يمكن.

مسألة رقم (3):

تنتج شركة النيل ثلاثة أنواع من التنباك، وذلك بمزج أربعة أنواع من التبغ لكن بنسب مختلفة وكما هو مبين أدناه:

أنواع التبغ / أنواع التنباك	د	هـ	و	ز	الأرباح دينار/كغم
أ	%10	%15	%25	%50	1.5
ب	%50	%25	%20	%15	1.2
ج	%50	%15	%20	%15	2
الكميات المتوفرة (كغ)	2000	3000	1000	2500	

المطلوب: ما هو مزيج الإنتاج السلعي الذي يحقق أقصى ربح، علماً أن الطلب أكبر من العرض؟

مسألة رقم (4):

لدينا تابع الهدف (تخفيض التكاليف) التالي:

هـ = 30 س$_1$ + 10س$_2$ ← أقل ما يمكن

والقيود هي : 2س$_1$ +8س$_2$ ≤ 80

5س$_1$ +2س$_2$ ≤ 50

3س$_1$ +3س$_2$ ≤ 60

س$_1$ ، س$_2$ ≤ ϕ

المطلوب: إيجاد قيمة كل من المجاهيل س$_1$، س$_2$، التي تجعل الكلفة أقل ما يمكن.

مراجع الفصل الرابع

1) المنصور، كاسر، نظرية القرارات الإدارية، مفاهيم وطرائق كمية، دار الحامد للنشر، عمان، 2000.

2) الصفدي، محمد سالم، بحوث العمليات، تطبيق وخوارزميات، دار وائل للنشر، عمان، 1999.

3) الكبيسي، موفـق، بحوث العمليات، تطبيقات وخوارزميات، دار الحامد للنشر،عمان، 1999.

4) النائب إبراهيم وباقية، أنغام، بحوث العمليات، دار وائل للنشر، عمان، 1999.

5) المشرقي، حسن، نظرية القرارات الإدارية، دار المسيرة، عمان، 1997.

6) علي، علي، وعبد الحسني، مؤيد، نمذجة القرارات الإدارية، دار اليازوري العلمية، عمان، 1999.

7) Nearing I., & Tucker A., Linear Programming and Related Problems, Boston 1992.

8) Lawrence L. Lapin, Quantities Methods for Business Decisions, 5th. Ed, the Dryden Press, New York, 1991.

9) Taha, H.A., Operations Research – an Introduction 5 th . ed., Macmillon Publishing Co. Inc New York, 19990.

10) Eppen, G. D., and F.J. Gould. Introductory Management Science. 4th ed. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1993.

11) Greeberg , H. J. How to Analyze the Results of Linear programs Part 2: Price Interpretation. " interfaces 23, no. 5, Semptember-October 1993, PP. 97-114.

12) Chase B. Richard, Production and Operations Management., 7th ed. Mc Graw Hill, Boston, 1996.

فصل الخامس

تصميم المنتــج وتطويـــره

العناوين الرئيسة:

1- مفهوم تصميم المنتج.
2- تنظيم وظيفة تصميم المنتج.
3- تطوير التصميم.
4- إدارة البحث الصناعي.
4-1- مفهوم البحث الصناعي.
4-2- مؤسسات البحوث.
4-4- مواضيع البحوث.
4-5- تنظيم وظيفة البحث.
5- استراتيجيات المنتج:
الاستراتيجية الهجومية، الاستراتجية الدفاعية، الاستراتيجية الموجهة للتطبيقات، إستراتيجية الإنتاج الكفء.
6- أساليب تطوير المنتجات:
الطريقة البديهية، فريق المغامرة، دور الابتكار.
7- دورة حياة المنتج.
8- دورة حياة المنتج واستغلال الطاقة الإنتاجية.
9- دورة حياة المنتج ونمط الإنتاج.
10- دور حياة المنتج ومنحنى التعلم.

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- شرح مفهوم تصميم المنتج وبيان أهمية تصميم المنتج في تطوير المنظمة.
2- توضيح عملية إدارة البحث الصناعي، وبيان أنواع البحوث ومواضيعها في المنظمة.
3- عرض أهم استراتيجيات المنتج، وبيان ميزات وعيوب كل استراتيجية.
4- عرض أهم أساليب تطوير المنتج، وكيفية تطبيق كل أسلوب عملياً.
5- توضيح وعرض دورة حياة المنتج، وبيان أهمية ذلك على حياة المنظمة.
6- شرح الطاقة الإنتاجية ونمط الإنتاج، ومنحنى التعلم.

الفصل الخامس
تصميم المنتج وتطويره

مقدمة:

لقد كان تصميم المنتج فيما مضى يقوم على تخمين وخبرة وتجارب المنتجين , ولم يكن هذا التخمين يستند إلى أساليب وأبحاث علمية. وساعد على انتشار هذه السياسة تفوق حجم الطلب على العرض مما دفع المستهلك إلى شراء المنتجات المعروضة مهما كانت خصائصها الاستعمالية. غير أن الحال تبدل في الوقت الحاضر عما كان عليه الوضع في الماضي. وأصبح السوق هو سوق المستهلك، حيث يفرض المستهلك رغباته، ويختار سلعته من بين مجموعة كبيرة من السلع المعروضة . وأخذ المنتجون يلاحقون رغبات المستهلك، ويعملون على إشباعها بمختلف الوسائل والأساليب. وساعد على ذلك دخول البشرية في عصر المعلومات والاكتشافات العلمية السريعة المتلاحقة، والمنافسة الحادة بين المنظمات العاملة لتقديم مختلف المستحدثات من السلع والخدمات وتطوير السلع المعروفة تطويرا واسعا.

وفي الوقت الحالي لا يمكن لأي منظمة صناعية مهما كانت كبيرة وقوية الاستمرار بالتقدم والتطور إذا لم تستطيع الدخول في عالم المنافسة بكل أبعاده. وهذا يتطلب العمل على ملاحقة التطورات العلمية والفنية سواء فيما يختص بالمنتجات، أو العمليات الإنتاجية، أو بطرائق التسويق التي تخدم المستهلك مباشرة. فالسوق هو سوق الشاري وبالتالي فإن سلوك المستهلك هو الأساس في تطوير المنتجات في المنظمات الصناعية والخدمية على السواء.

1- مفهوم تصميم المنتج

يقصد بتصميم السلعة تحديد الهيكل العام للسلعة المطلوبة إنتاجها، والمكونات الداخلية لهذه السلعة، وارتباط هذه المكونات مع بعضها، وطريقة عملها، وتركيبها، ثم طريقة استعمال هذه السلعة وصيانتها .

وهذا التحديد لمفهوم السلعة يظهر مجموعة من النقاط يجب أن تعالج. وهذه النقاط هي موضوع بحث ودراسة في المنظمات الصناعية التي ترغب في تطوير نفسها. وفيما يلي أهم هذه النقاط:

1-1- الهيكل العام للسلعة: والغرض من ذلك تحديد الشكل الخارجي وأبعاده. ويختلف هذا الشكل من سلعة إلى أخرى، وقد تختلف الأشكال الخارجية للسلعة الواحدة وذلك عندما تنتج المنظمة عدة أحجام ومقاسات من السلعة الواحدة كما في صناعة البرادات، والغسالات والتلفزيون.

1-2- تصميم المكونات: وهي المواد الداخلة في تركيب المنتج كما هو الحال في الصناعات الغذائية، مثل منتجات الألبان، والمعلبات، أو تحديد القطع التي تتكون منها السلعة أو أجزائها (مثل البرادات والغسالات ويحدد التصميم هنا أسماء المواد المستخدمة في المنتج والمواصفات التفصيلية لكل منها).

إن تصميم المنتج يجب أن يتم بطريقة يكون معها الإنتاج اقتصادي. وحتى يتم ذلك تستمر المنظمة بتهذيب التصميم، وإعادته كلما توافرت الشروط لتحسين خصائصه الاستعمالية بأقل التكاليف. فعملية تصميم المنتج قد تكون عملية مستمرة, بمعنى أنها لا تتم مرة واحدة في حياة المنظمة أثناء تكوينها بل تتكرر هذه العملية عندما يكون هناك مبرر لذلك. ففي صناعة السيارات مثلا جرت العادة على إدخال تعديلات سنوية حتى ولو كانت طفيفة في بداية كل سنة، وذلك ترغيبا للمستهلك في التخلص من سيارته القديمة واقتناء سيارة جديدة.

في بعض المنظمات وحيث تكون المنتجات من النوع المعمر يمكن أن يبقى

التصميم ثابت لمدة طويلة، ثم يقرر المنتج إدخال تعديلات عليه لمواجهة الطلب المتناقض أو لمجاراة المنافسين.

3-1- تطوير السلعة: إن عملية تطوير السلعة هي عملية بحث ودراسة مستمرة

لتصميم المنتج، وتطويره. وهذه العملية تمر بعدة مراحل هي :

أ- المرحلة الأولى: في هذه المرحلة يتم تجميع الأفكار الجديدة، وفحصها. ونقطة البداية تكون في قسم البحث والتطور، ومهما كان مصدر الفكرة. وهذا القسم هو الجهة التي تستطيع أن تتبين مدى نجاح الفكرة، ثم وضعها في صورة تعليمات وتطبيقات عملية تبنى على حقائق علمية وتكنولوجية. ومصدر الأفكار أو المعلومات لعملية التطوير عديدة، أهمها المصادر التالية :

1- من العاملين في الأقسام المختلفة للشركة:

- قد تأتي الأفكار من العاملين في الأقسام الإنتاجية، إذ يستطيع هؤلاء أن يكتشفوا الكثير من التعديلات التي تؤدي إلى تطوير المنتجات.
- قد تأتي الأفكار الخاصة بتطوير التصميمات الحالية أو اتباع تصميمات جديدة من العاملين في مجال البيع، إذ يستطيع هؤلاء أن ينقلوا إرادة المستهلكين ورغباتهم.
- قد يقوم المصممون باقتراح تعديلات على النماذج الحالية.

2- من خلال دراسة تصميمات السلع المنافسة، حيث يتم تجميع عينات من السلع المماثلة التي ينتجها الآخرون في الداخل أو في بعض البلدان المتطورة. وتسلم هذه العينات لقسم البحث لتحليلها (إذا كانت السلعة مركب كيماوي أو سلع غذائية)،أو فكها إلى أجزاء لإجراء سلسلة من الاختبارات

عليها، وتسجيل نتائج الدراسة في شكل تفصيلي يحدد الأفكار الرئيسية الموجودة في كل تصميم، والمواصفات التي يلتزم بها كل منتج.

3- إجراء أبحاث تسويقية، وذلك باختيار عينة من المستهلكين المتوقعين للسلعة لمقابلتهم والاستفسار منهم عن رغباتهم بالنسبة لتصميم السلعة.

4- المكتشفين والمخترعين من الأفراد المستقلين، إذ تعد أبحاثهم واختراعاتهم من الأهمية في مجال تطوير الإنتاج.

ب-المرحلة الثانية: في هذه المرحلة يبدأ قسم التصميم الهندسي بتخطيط تطوير السلعة، فيضع المخطط الهندسي لتكوين السلع، وبنائها بحيث يمثل ذلك الأفكار والتوجيهات التي أتت في قسم البحث والتطوير.

وتشمل وظيفة التصميم عدة جوانب وهي التالية:

1-تصميم الناحية الفنية الأدائية، وهذا يشمل النقاط التالية:

- تحديد الأشكال والأبعاد التفصيلية الدقيقة لمكونات السلعة وأجزائها.
- تحديد مدى التفاوت عن الأبعاد السابقة (في حالة تطوير سلعة موجودة).
- تحديد المواد التي يصنع منها كل جزء من أجزاء السلعة.
- وضع الرسومات الهندسية لتحديد تكوينات وأشكال وأبعاد السلعة، وأجزائها حتى يمكن بعد ذلك تخطيط العمليات اللازمة لإنتاج السلعة. فالرسومات الهندسية تترجم فكرة التصميم إلى تعليمات وإرشادات جامعة، يجب إنتاجها والسير بمقتضاها حين إنتاج السلعة.

2-تصميم الشكل الخارجي، ويشمل ذلك ما يلي:

- المظهر الوظيفي للمنتج: ويتناول ذلك طريقة تصنيع المنتج وتسويقه وكيفية استعماله.

- الارتكاز والصلابة: أي العمر الإنتاجي، أو الفترة التي يصلح بها المنتج، والأداء ومدى مقاومتها.
- المظهر الذوقي: ويتناول الشكل الخارجي بالغلاف، اللون، والحجم...الخ من الخصائص ذات التأثير النفسي على المستهلك.

في نهاية المرحلة الثانية يكون التصميم مرضي من الناحية الأدائية ومن الناحية التسويقية فالتصميم الأدائي functional design يعني أن السلعة تستطيع أن تؤدي بكفاءة في الاستعمال الغرض الذي أنتجت من أجله، فإذا كان التصميم خاص بآلة قطع لأعشاب فيجب أن يكون مؤكد أنها تنجز عملية القطع بشكل متساو ومرضي، وأن يكون من السهل تحريكها بأقل مجهود ممكن. كذلك يجب أن يراعى في التصميم المتانة وطول العمر التشغيلي دون أن تفقد خصائصها وقدراتها الأدائية. وهناك الكثير من العوامل الأخرى مثل سهولة تزيتها، تقليل ضوضائها عند تشغيلها ومواصفاته أخرى مشابهة.

وللتصميم الأدائي لكفاءة الاستعمال أهمية كبيرة في التخطيط لإنتاج منتج جديد، لكن ليس كافيا أن يكون المنتج الجديد يعمل بكفاءة ليجذب الناس إليه ويخلق الطلب عليه، لذلك لا بد من مراعاة التصميم من وجهة نظر التسويق. أي يجب أن يراعى التصميم الشكل الجذاب. فآلة قطع الحشائش ذات الأشكال الانسيابية الأنيقة، والغالية ليس لها علاقة بأدائها لكن المستهلك مستعد أن يدفع السعر الأعلى ليقتنيها بدلا من اقتناء الأشكال القديمة بأسعار أقل.

ج- المرحلة الثالثة: مناقشة فاعلية التصميم وإمكانية اعتماده كأس لتطوير المنتج.
ففي هذه المرحلة يعرض التصميم للمناقشة والبحث المستفيض على لجنة عليا تكون غالبا برئاسة رئيس الشركة ومديرها العام، ويشترك فيها غالبية المديرين الرئيسيين للمنظمة(مدير المبيعات –مدير الإنتاج- المدير المالي – المراقب العام أو مدير الحسابات والتكاليف وغيرهم)، ممن تكون لإدارتهم علاقة مباشرة بالتصميم

الجديد. وبالطبع سوف تطلب اللجنة بيانات كثيرة عن التصميم. فقسم التصميم يمـدها بالرسومات الهندسية الأولية ومواصفات المواد وغير ذلك. وتناقش تلك اللجنـة التصـميم مـن جميع نواحيـه . فمـثلا تهـتم إدارة الإنتـاج بالتصـميم مـن ناحيـة العمليـات الإنتاجيـة التـي ستجرى على السلعة، ودرجة سهولتها أو صعوبتها، وتوازن بين إمكانيات المصنع وبين ما يلـزم لإنتاج التصميم من آلات ومعدات وغيرها.

وكذلك يهم المدير المالي بتكاليف الإنتـاج، وتكـاليف التجهيـز الآلي وغـير ذلـك مـما يلـزم لإنتاج التصميم.

وكذلك تناقش تلك اللجنـة موضـوع السـعر الـذي سـوف يتقـرر للسـلعة في ضـوء حالـة السوق، والمنافسة، والتكاليف، وكمية الإنتاج... الـخ. ومـن المهـم أيضـا لتلـك اللجنـة تحديـد الوقت الذي تقدم فيه السلعة الجديدة في الأسواق. وقد تصرـ إدارة المبيعـات عـلى أن يكـون تقديمها في ميعاد معين قد تجد إدارة الإنتاج صعوبة في الموافقة عليه.

وبالطبع فإن المشاكل التي ستبحثها تلك اللجنة بخصوص التصـميم الجديـد سـتكون كثيرة ومتنوعة. وسوف يستلزم الأمر في أغلب الأحيان تعـديلات عـلى التصـميم أمـا لـدواعي التكلفة، أو لدواعي الإنتاج وغيرها. وأخيرا سينتهي الأمر بالوصول إلى تصـميم يوافـق رغبـات وشروط مختلف الجهات المعينة وهو الذي يطلق عليـه التصـميم الإنتـاجي، إذ لا يكفـي أن يكون التصميم مرضي من ناحية الأداء ومن الناحية التسويقية لكي يكون من المستطاع إنتـاج المنـتج بسـهولة وبتكـاليف معقولـة. فقـد يكـون التصـميم مـن الصـعب إنتاجـه، وإذا أنـتج فسيتكلف تكاليف باهظة مما يرفع سعر المنتج في السوق ويقلل من قدرته التسويقية.

د-المرحلة الرابعة: وهي المرحلة الأخيرة في عملية تطـوير المنـتج وعـلى أساسـها يـتم اتخاذ القرار المتعلق بالتطور. فبعد الاتفاق عـلى التصـميم النهـائي واعـتماده يسـتكمل قسـم تصميم السلعة أعماله من رسومات، ومواصفات تفصيلية،

وبيانات نهائية للسلعة، وأجزائهـا، ثـم ترسـل تلـك الرسـومات والمواصـفات إلى الإدارات، والأقسام المختلفة بالمنظمة كي تبدأ هي الأخرى أعمالها فيما يختص بإنتاج التصـميم الجديـد، ولكي يتحدد عمل كل قسم من خلال ذلك. فمثلا قسم تخطيط العمليات الإنتاجية يقـوم بمـا يلي(*):

1- دراسة التصميم الأساسي ووضع التكلفة التقريبية له.

2- تجهيز المخطط الإنتاجي.

3- تقرير نوع وصنف المواد الخام المطلوبة.

4- تصميم وتوفير العدد اللازمة للإنتاج.

5- توفير الآلات.

6- تحديد عدد ونوع القوى العاملة اللازمة للإنتاج.

7- تخطيط الأجور.

8- تحديد الطاقة الإنتاجية، والأوقات المعيارية للتنفيذ.

كما أن قسم التكاليف يبدأ بالاشـتراك مـع قسـم تخطـيط العمليـات الإنتاجيـة في وضـع الخطة لحساب مختلف عناصر التكلفة. وقسم المشتريات يبدأ بالتعاقـد مـع المـوردين لشراء المواد اللازمة... الخ، ويبدأ بعد ذلك تنفيذ التصميم .

2- تنظيم وظيفة تصميم المنتوج

وجدنا أن أهم الأعمال التي تقوم بها وظيفة تصميم السلعة هي تصميم الناحية الأدائية أو الفنية، وتصميم الشكل وكذلك أعمال الرسم. والشكـل (5-1) المبين أدناه لخريطة تنظيمية لما يمكن أن يكون عليه قسم تصميم السلعة في أحدث الشركات الصناعية، كقسم قائم بذاتـه ويلاحظ في الخريطة إن قسم تصميم الناحية

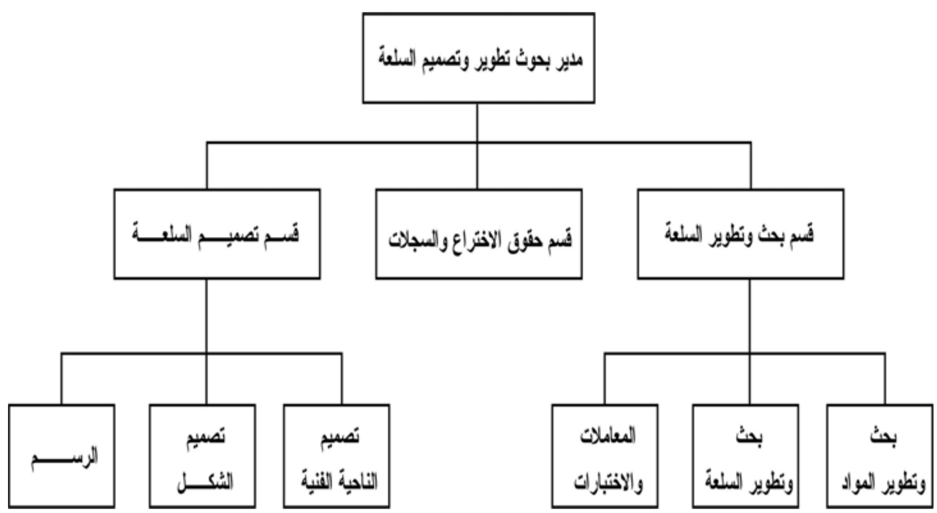
(*) Franking., E, Foltis in troduction to industrial Management P. 478

الفنية، أو الأدائية قد قسم إلى فرعين على اعتبار أنه في تلك الشركة يوجد تخصصات في هذه الناحية تخصص ميكانيكي وتخصص كهربائي:



شكل (5-1) تنظيم مستقل

كذلك نبين خريطة تنظيمية تجمع وظيفة بحث وتطوير السلعة مع وظيفة تصميم السلعة في إدارة واحدة تحت اسم بحث وتطوير وتصميم السلعة، والشكل (5-2) التالي يوضح ذلك:



شكل (5-2) تنظيم تابع

3- تطوير التصميم

قد تعطى المصانع عناية خاصة للتصميمات التي تعد لمنتجاتها، حتى تحصل على إجازة بتوزيع هذه المنتجات بالسوق أو لتفادي الإنتاج في حالة وجود خطأ في التصميم يرتب أضرارا للمستهلك. فمثلا في صناعة الأدوية في جميع دول العالم يشترط الحصول على إجازة من الهيئات الصحية عند تقديم أي صنف من الأدوية لأول مرة في السوق، وتمنح هذه الإجازة بعد فحص الدواء، وتحليله، واختباره. وقد تتدخل الدولة لفرض مواصفات معينة على التصميم بقصد حماية المستهلك. ومثال على ذلك ما حدث في صناعة السيارات في الولايات المتحدة الأمريكية. فقد أعطت الحكومة مهلة إلى شركات السيارات تنتهي في نهاية عام 1975 لاستكمال أجهزة الأمان في السيارة، ولتنقية العادم الناجم من احتراق الوقود والذي يسبب تلوث الجو.

وقد تقوم الشركة من تلقاء نفسها على سحب المنتج من السوق عندما تكتشف خطأ في التصميم يؤثر على سمعة الإنتاج، وتتحمل تكاليف تغير الأجزاء المعيبة واستبدالها بحيث تتفادى العيوب المكتشفة. والمثال الواضح على هذه الحالة ما أقدمت عليه الشركة المنتجة لطائرات الكومين منذ عدة سنوات، إذ عملت على استعادة الطائرات المبيعة وفكها بالكامل لمحاولة اكتشاف الأخطاء في التصميمات والتي أدت إلى بعض الحوادث.

وترجع العناية بالتصميم بالدرجة الأولى إلى محاولة تنشيط الطلب على منتجات الشركة عن طريق تقديم سلعة ذات تصميم مفضل من قبل الجمهور، أو تصميم يقدم خدمات أفضل للمستهلك .

فالشركات المنتجة للمنسوجات تطوّر من الألوان والرسومات والمواد المستخدمة بشكل مستمر ومتغير من موسم إلى أخر، بهدف جعل المستهلك يقدم على الشراء في كل موسم ليحتفظ بتشكيلة مختلفة من الأقمشة. وقد تسعى بعض

المصانع إلى تنشيط الطلب عن طريق تقديم تصميمات تعطى خدمات أكثر من التصميمات الأخرى الموجودة في السوق، أو توفر للمستهلك خدمات أكثر وأكفأ. فإنتاج الثلاجة ذات البابين كان يستهدف المحافظة على انتظام درجة التبريد في الجزء من الثلاجة المخصص لحفظ الأطعمة المثلجة، وكذلك تعمل على إزالة الثلج المتراكم أوتوماتيكيا.

وتهتم المصانع بأعداد التصميمات التفصيلية لمنتجاتها بقصد التعرف على مراحل الإنتاج واحتياجات كل مرحلة من مستلزمات الإنتاج ومواصفات التنفيذ الواجب الالتزام بها، والاستعداد مقدما لتدبير هذه المستلزمات.

وأخيرا يجب أن نعلم أن تصميم المنتج يتوقف على عدة عوامل منها:

1- نوع وطبيعة المنتج: هل هو سلعة إنتاجية أو سلعة استهلاكية؟ فالتصميم الذي يطلبه المستهلك في السلع الاستهلاكية، يختلف عنه في السلع الإنتاجية.

2- حجم وطبيعة وموقع السوق الذي يباع فيه المنتج، ومدة المنافسة فيه، ومدى التقدم الإنتاجي الذي حققه المنافسون.

3- السعر المنتظر بيع المنتج به. فإذا هدف المنتج إلى البيع بسعر أعلى من سعر السوق وجب عليه الاهتمام بالتصميم اهتماما كبيرا، بعكس الأمر لو هدف المنتج إلى البيع بسعر أقل من سعر السوق.

4- تكاليف التصميم ومدى فرصة المنتج في رفع سعر البيع حتى يستطيع تغطية التكاليف الإضافية التي أنفقها على التصميم.

5- اختلاف العادات الشرائية والأذواق باختلاف البيئة التي يعيش فيها المستهلك.

بالإضافة لما ذكرناه فإن تطوير المنتجات وتصميمها يجب أن يخضع إلى اعتبارات تتعلق بالأتي:

أ- احتمال قبول المستهلك للإنتاج والإقبال على شرائه بسبب تمتعه بمواصفات يراها ملائمة، كمظهر الإنتاج، والمنفعة التي قدمها، وسهولة التشغيل، وكلفته ومتانة المنتج، وسعره وتوافره دوما بالكميات المطلوبة.

ب- قدرة المنظمة الصناعية في المحافظة على اختراعها ضد الشركات الصناعية المنافسة، بحيث لا تجد نفسها وقد خسرت الكثير من الجهد والمال في الأبحاث التي أجرتها. وللمحافظة على الاختراعات الصناعية تلجأ المنظمة إلى تسجيل العلامات الفارقة الخاصة بإنتاج (الماركة) في دائرة تسجيل امتيازات الاختراعات الصناعية، كما تلجأ المنظمة إلى إنتاج منتج بعلامة فارقة تميزه عن المنتجات المصنوعة من قبل الشركات الأخرى.

ج- قدرة المنظمة على تغطية تكاليف تطوير الإنتاج بواسطة العائد المحقق من عملية البيع، ولهذا على المنظمة على دراسة السوق والتنبؤ عن أوضاعه بالنسبة للإنتاج المقرر تطويره، ودراسة متطلبات تطوير الإنتاج من ناحية الوقت والجهد، والأجهزة، والآلات، والأدوات اللازمة، ثم تحديد تكاليف التصنيع. وعندما تتوصل إدارة الأبحاث إلى قرار تطوير الإنتاج يجب أن يتم الإنتاج على نطاق تجاري بالكميات المطلوبة، والكلفة الملائمة وبالوقت، والمكان المناسب.

وأخيرا نقول إن استمرار تطوير التصميم، يعد أمرا أساسيا لاستمرار المشروعات الحديثة، وتقدمها، وازدهارها، حيث أن عملية التطوير تساعد على تلبية رغبات المجتمع المتطورة بصورة مستمرة، وتحقيق نمو الأسواق، وتحسين مستوى المبيعات.

4. إدارة البحث الصناعي

1-4 مفهوم البحث الصناعي

لم تعط الصناعة لعملية البحث الصناعي من الأهمية ما يتناسب ونتائجها الفعّالة في مجال تطوّر وتقدم الصناعة، وازدهار الحياة الاقتصادية بشكل عام. وحتى نهاية القرن التاسع عشر لم تعط الصناعة أهمية كبيرة لإدارة عملية البحث والاكتشافات. ومعظم السلع والمنتجات الجديدة في حقل الصناعة لم تكن سوى نتيجة لنشاط بعض المخترعين مثل: أديسون، وبل، ورايت، حيث كان هؤلاء المخترعون يعتمدون على جهودهم الذاتية، ومواردهم الخاصة في متابعة أبحاثهم. ومع تطور حقل الأعمال الصناعية في القرن الحالي، وتعقد العمليات الإنتاجية، وتعقيد المنتجات الصناعية، وتزايد خطر المنافسة في السوق أصبحت الجهود الفردية في إدارة البحث غير كافية لمواجهة المتطلبات الخاصة بالإنتاج الصناعي وتسويقه . لهذا بدأت المؤسسات والهيئات العاملة في حقل الصناعة بأخذ دورها في هذا المجال، فأنشأت الأقسام المتخصصة والهيئات ورصدت الأموال والموارد لذلك، وهيأت الكوادر العلمية والإدارية للقيام بمهام البحث. ولقد دعمت الحكومات معظم المؤسسات الصناعية من خلال إحداث مراكز وهيئات مهمتها البحث والاستقصاء في المجالات الصناعية المختلفة. وخصصت تلك الحكومات الأموال لمؤسسات البحث، وشجعت الهيئات العاملة في هذا المجال . كما قامت بعض الجمعيات المهنية بنشاطات ملحوظة لمساندة البحث الصناعي من خلال مساندتها لمشاريع البحوث التي تهدف إلى إفادة الشركات الصناعية الأعضاء فيها. كما أصبحت بعض الشركات الصناعية التي تعمل في صناعة معينة تتعاون مع بعضها البعض يتقاسمون التكاليف ويستفيدون من النتائج، ولعل أوضح مثال على ذلك التعاون الكامل بين بعض الشركات التي تنتج الطائرات في كل من بريطانيا وفرنسا على إنتاج طائرة ركاب أسرع من الصوت، وقد نجحوا في التوصل بتصنيع طائرة

ركاب (الكونكورد) في عام 1969، وحالياً طائرة ايرباص (صناعة مشتركة بين ألمانيا وفرنسا).

وقد تكون الفترة التي تمتد بين تاريخ اكتشاف المنتج وتاريخ تقديمه كمنتج تجاري للسوق طويلة نسبيا. فلقد امتدت هذه الفترة إلى 12سنة حتى استطاعت شركة Dupont تقديم مادة النايلون كمنتج تجاري في السوق. وتتراوح هذه الفترة عادة بين 5-7 سنوات بالنسبة لصناعة الكيماويات.

كما أن عملية البحوث في مجال الإنتاج عملية ليس لها نهاية، فالنتائج السلبية أو الإيجابية تدفع الباحثين إلى مزيد من البحث والاكتشافات. وتتلخص جهود العلماء في البحث عن حلول لبعض المشاكل الفنية، ولمعرفة أسرار الطبيعة. وفي أثناء بحثهم قد يتوصلون إلى نتائج غير مخطط لها وغير متوقعة، ويأتي دور الإدارة فيما بعد لتوظيف جميع هذه الاكتشافات في سبيل التقدم البشري، سواء الاكتشافات المخططة أو غير المخططة من خلال دراسة إمكانية استخدامها اقتصاديا وتجاريا ... لهذا فإن مهمة إدارة البحث الصناعي تبقى مهمة مستمرة بالبحث، والاستقصاء، والاكتشاف ثم توظيف النتائج اقتصاديا وتجاريا بهدف خدمة التقدم .

2-4 مؤسسات البحوث

يقوم عادة بالبحوث الجامعات، ومراكز البحوث التكنولوجية والصناعية، والجمعيات العلمية، وبعض الهيئات الحكومية، ومعظم المنظمات الصناعية الكبيرة الحجم والقديمة. تقام لهذه الغاية أقسام خاصة تدعم بالمال والكوادر والوسائل من قبل الإدارة العليا في المؤسسات. مثال على ذلك نرى ما تنفقه شركة جنرال الكتريك على البحث، حيث توظف حوالي 8200 عالم في مراكز البحوث الخاصة بها. ويعمل في شركة Merch للأدوية والمنتجات الطبية حوالي 700 باحث، منهم 200 يحملون درجة الدكتوراه في العلوم المتخصصة.

من الصعب على المؤسسات الصغيرة والشركات المحدودة الإمكانات أن تقوم بعملية البحث الذاتي نظرا لمتطلبات البحث العلمية. وإذا كان هناك من بحوث فتتركز حول طريقة تصنيع السلعة، وتصميمها ولذلك يكون كافي أن يقوم بذلك مهندس أو عدة مهندسين.

عندما تتزايد أهمية البحث الصناعي بالنسبة لمستقبل المنظمة الصناعية يتم إحداث مراكز أو أقسام خاصة بالبحث. ويمكن أن تتبع هذه المراكز أو الأقسام للإدارة العليا مباشرة، ويكون رئيسها معاون المدير العام. كما أن التقارير المتعلقة بالأبحاث يجب أن ترفع بشكل دوري ومنتظم للإدارة العليا مباشرة . وعندما يكون هناك حجم معين لقسم البحوث، واستقرار في نوع وعدد وحجم البحوث التي تجريها الشركة يصبح قسم البحوث جزء أساسي من الهيكل الإداري للمنظمة، والكوادر العاملة به تأخذ صفة الباحثين. ومن الخطأ تعيين باحثين ثم الاستغناء عنهم، أو تحويل خدماتهم لأقسام أخرى، ثم إعادتهم لمركز الأبحاث.

3-4 أنواع البحوث

تقسم البحوث من حيث طبيعتها والغرض منها إلى:

- بحوث علمية بحتة (نظرية) أو البحوث الأساسية (pure or basic research)، والغرض منها التوصل إلى معرفة جديدة بخصوص ظواهر طبيعة معينة، والوصول إلى استنتاجات أو نظريات أو قوانين جديدة تحكم تلك الظواهر، بغض النظر عن إمكانية استخدام المعلومات والنتائج التي يمكن الوصول إليها من أجل الرفاهية البشرية .
- بحوث تطبيقية (applied research) : تقوم هذه البحوث على استعمال البحوث العلمية البحتة، بهدف التوصل إلى الحلول العلمية لبعض المشاكل القائمة فعلا. وتتمثل هذه المشاكل في محيط الإنتاج الصناعي، وفي تصميم المنتج أو طريقة الإنتاج بحيث تؤدي إلى تحقيق قيمة اقتصادية أكبر.

من البديهي أن البحوث العلميـة البحتـة تسـبق البحـوث التطبيقيـة، ولا تقـوم البحـوث التطبيقية إلا على حصيلة من البحوث البحتة. وعمليا يمكن الاستفادة في الصناعة مـن الكثير من نتائج البحوث النظرية، فالحدود الفاصـلة بـين نهايـة البحـوث النظريـة وبدايـة البحـوث التطبيقية ليست دائما واضحة. فالتلفزيون، والراديو كانا في بداية الأمـر نتـائج علميـة لـبعض البحوث النظرية. كما أن المطـاط الصـناعي، والنـايلون والكمبيـوتر، مـا هـي إلا نتـائج بعـض البحوث التطبيقية.

إن كل من البحوث النظرية والبحوث التطبيقية تحتوي شئ من المخاطر، ولكن البحوث التطبيقية أضمن، وتكاليفها أقل. ففي الكثير من الحالات لا يتوصل الباحثون إلى الحل الفعّال للمشاكل التي يبحثون فيها، ولكنهم لـن يتبيّنـوا نجـاحهم أو فشـلهم إلا بعـد أن يـتم إنفـاق الأموال وهدر الطاقات. فالبحث عن البترول في منطقة معينـة قـد يـؤدي إلى ظهـور البـترول، ولكنه قد لا يؤدي أيضا إلى اكتشاف البترول. وفي هذه الحالة فإن مـا أنفـق عـلى البحـث لـن يسترد أبدا. وهنا نرى تقارير عديدة لشركات هامة حول هذا الموضوع فشركة RCA لصـناعة الأجهزة الكهربائية تقول إن90%مـن نتـائج بحوثهـا لا يمكـن الاسـتفادة منهــا. وفــي تقريـر لشركة Dupont لصناعة الكيماويات نرى أن 10 %من نتائج البحوث التـي يمكـن أن تجريهـا يمكن الاستفادة منها تجاريا. وللحصول على هذا العشر تنفق مبالغ طائلة على البحوث. ولكن استغلال هذه 10%من النتائج قد يـؤدي إلى اسـترداد قيمـة مـا أنفـق عـلى برنـامج البحـوث عشرات المرات، ولقد ورد في تقرير لشركة ستاندارد للبترول في أميركا أن عائد كـل دولار ينفـق على البحوث يصل إلى خمسة دولارات، كـما ورد أيضـا في تقريـر لمؤسسـة العلـوم الأهليـة في أمريكا أنه خلال الأربعين سنة الماضية بلـغ عائـد كـل دولار أنفـق عـلى البحـوث في الصـناعة هناك بين 20-30 دولار. وتحقق شركة جنرال الكتريك أكثر من ثلث أرباحها من بيـع منتجـات لم تكن معروفة منذ

ثلاثين سنة مضت، و70%من أرقام المبيعات الخاصة بشركة RCA منتجات أمكن التوصل إليها من البحوث التي قامت بها.

4-4- موضوعات إدارة البحث الصناعي

تركز إدارة البحث الصناعي على عدة مواضيع عمل أهمها:

أ- **بحوث التسويق:** الهدف من بحوث التسويق معرفة قبول المستهلك للسلع التي تنتجها المنظمة، وتحديد كمية وحجم ونوع وزمن الإنتاج، والسعر، وطرائق البيع، والمنافسة في السوق وأثرها على سلع المنظمة، بالإضافة إلى معرفة العناصر الفاعلة على تسويق السلع في المستقبل.

ب- **بحوث السلع:** تشمل وظيفة بحث وتطوير السلعة ثلاث نواح من البحث والتطوير:

1- بحث وتطوير المواد التي تدخل في صناعة السلعة: يعد بحث وتطوير المواد من أهم ما يتعلق ببحث وتطوير السلعة، ففي حالات كثيرة تعني المواد الجديدة سلعا جديدة أيضا، وتعني المواد المتطورة سلعا متطورة أيضا. فمثلا أدى اكتشاف مواد جديدة في الصناعات البتروكيماوية كاللدائن، والألياف الصناعية إلى خلق مئات السلع الجديدة في مختلف نواحي الاستعمال والاستهلاك. كذلك تجري البحوث باستمرار لاستنباط أنواع من الصلب أقوى من الأنواع المعروفة، وكلما تم التوصل إلى نتائج عملية في هذا الخصوص ظهرت تحسينات كبيرة في عشرات من السلع والاستعمالات التي تعتمد على الصلب.

2- بحث وتطوير السلعة نفسها: ويشمل خلق سلع جديدة لم تكن معروفة، كما يشمل إدخال تطوير وتحسين على السلعة الموجودة، تعطيها منافع واستعمالات جديدة، أو تؤدي إلى تحسين أدائها من نواحيها المختلفة، أو

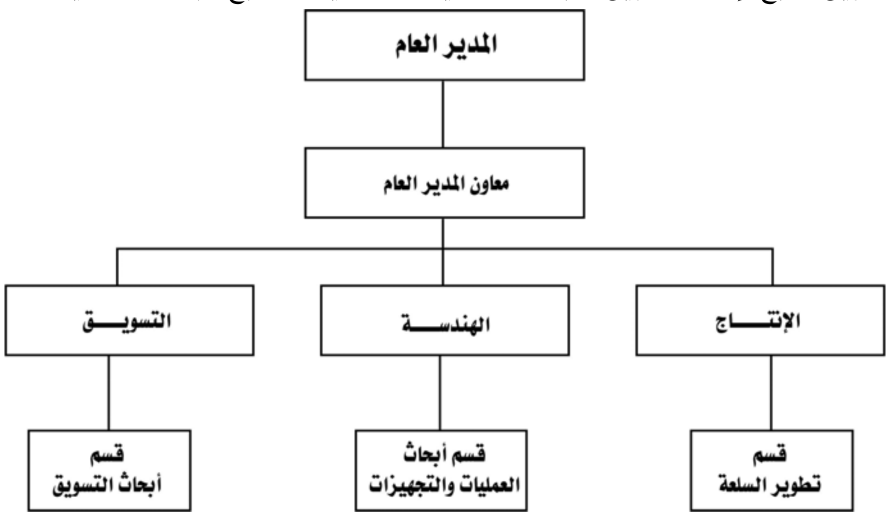
إلى تحسين شكلها ومظهرها. كذلك يشمل خلق منتجات ثانوية جديدة بجانب المنتج الأصلي، أو تطوير وتحسين المنتجات الثانوية، وتوسيع مجالات استعمالاتها ومنافعها.

ج- التجهيزات والعملية الإنتاجية: تشمل بحوث وتطوير الآلات والمعدات والعمليات والطرائق الإنتاجية اختراع الآلات أو المعدات والعدد الجديدة التي تقوم على أفكار تكنولوجية متقدمة، تساعد على زيادة الكفاية الإنتاجية أو على تحسين نوع وجودة المنتجات، أو تحل محل المهارة البشرية للعمال.كذلك يشمل التوصل إلى عمليات إنتاجية جديدة، أو تحسينات في العمليات الإنتاجية القائمة بغية تبسيطها وجعلها أكثر كفاية وفاعلية لإنتاج أكبر بجودة أعلى. مثال ذلك حينما اكتشفت مادة البنسلين معمليا كان إنتاجها مكلف للغاية، وكان لا بد من متابعة البحث الصناعي الذي يتناول الطريقة الأكثر كفاية في إنتاج البنسلين تجاريا بحيث تطرح في الأسواق بكميات وافرة وأسعار رخيصة وجودة عالية.

4-5- تنظيم وظيفة البحث

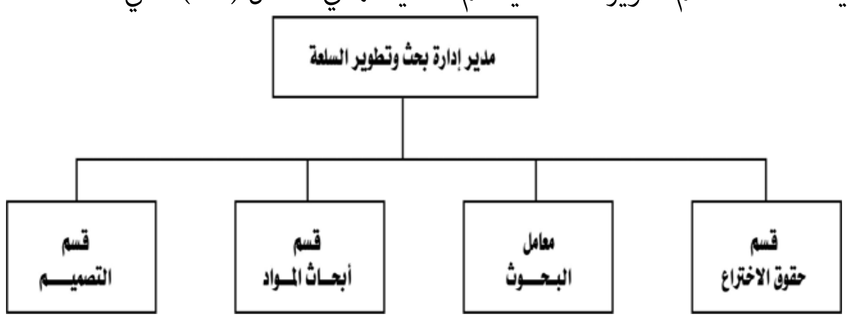
إن تنظيم وظيفة البحث في المنظمات التي تتواجد بها هذه الوظيفة يتخذ أوضاعا شتى، فمن الممكن - خصوصا في الشركات المتوسطة وفي بعض الشركات الكبير- أن تجمع كافة أنواع البحث في قسم واحد في حالة كانت هذه الوظيفة لا تستحوذ أهمية كبيرة، ويمكن أن يحدث لكل نوع من البحث قسم أو إدارة مستقلة بحيث يتم الحاق جميع الأقسام أو الإدارات المختصة بالبحث بالإدارة العليا وذلك من خلال وضعها بإدارة معاون المدير العام. لا يخلو الأمر في بعض الحالات أن يتم الجمع بين وظائف بحث وتطوير السلعة وأبحاث العمليات والتجهيزات. وفي هذه الحالة يمكن أن تسمى المجموعة باسم إدارة أو قسم بحث وتطوير وهندسة الإنتاج (على سبيل المثال). ومن ناحية التبعية فوظيفة بحث وتطوير السلعة تتبع لإدارة الإنتاج، إلا في حالة كانت هذه الوظيفة من الأهمية

بمكان، فتقع إدارة هذه الوظيفة تحت إشراف معاون المدير العام. أما قسم أبحاث التسويق فتتبع لإدارة التسويق، وأبحاث العمليات والتجهيزات فتتبع للإدارة الهندسية.



شكل (5-3) تبعية قسم تطوير السلعة

أما من ناحية التقسيم الداخلي لكل وظيفة فتقسم حسب المهام والالتزامات التـي تقـوم بتنفيذها، فمثلاً قسم تطوير السلعة يقسم داخلياً كما في الشكل (5-4) التالي:



شكل (5-4) استقلالية قسم التطوير

وكذلك قسم بحث وتطوير العمليات الإنتاجية يقسم حسب تخصص البحث مثل البحوث الكيماوية والبحوث الكهربائية.

ولزيادة فعالية البحث الصناعي من خلال العملية الإدارية الجيدة يتم تقسيم وظيفة البحث في المنظمات الصناعية إلى نوعين:

1- وظيفة بحث الاقتراحات التي يتقدم بها بعض العاملين في أقسام المنظمة المختلفة والعمل على تنفيذها. وهذه الوظيفة تعطي العاملين فرصة الاشتراك في تحسين المنتج أو أسلوب إنتاجه، وتساعد على تنمية القدرات والمهارات والأفكار الإبداعية لدى جميع العاملين في المنظمة، فتكون فرصة لكشف الطاقات الكامنة التي تستخدم في رفع الكفاية. ولتنمية هذه الكفاءات يقع على عاتق معاون المدير العام وضع السياسات الخاصة بالبحث، وعرضها على المدير العام للموافقة عليها، والتنسيق بين مختلف الأقسام المتعلقة بالبحث لتنفيذها.

2- وظيفة بحث الاقتراحات التي يتقدم بها الخبراء في قسم البحوث. وهي وسيلة هامة لإعطاء الباحثين المختصين فرصة دراسة إمكانيات اكتشاف منتجات جديدة، أو أساليب جديدة للإنتاج، تؤدي إلى رفع درجة الجودة وتخفيض تكاليف الإنتاج . وتقوم لجنة من مندوبين عن إدارات الإنتاج والمبيعات والبحوث بوضع السياسات اللازمة، ثم يقوم رئيس قسم البحوث بعرضها على المدير العام لاعتمادها.

تتركز مهام الإدارة في الشركات الصناعية الضخمة المتعلقة بالبحث الصناعي في المجالات التالية:

- تحسين المنتجات أو إعادة تصميمها بهدف تخفيض تكاليف إنتاجها، أو رفع درجة كفايتها، أو تصغير حجمها، أو تحسين مظهرها.
- اكتشاف استعمالات جديدة لمنتجاتها، أو لمخلفاتها الصناعية، أو لمنتجاتها الثانوية.
- تحسين أساليب الإنتاج بغرض تخفيض التكاليف الكلية للإنتاج.

- دراسة منتجات المـنظمات الصـناعية المنافسـة لمعرفـة مواضـع الضـعف والقـوة فيهـا، ومقارنتها بالمنتجات التي تنتجها المنظمة.
- تحسين طريقة تعبئة وتسويق المنتجات الحالية.

5. استراتيجيات المنتوج Product Strategies

يعد قرار إنتاج منتوج ما من القرارات الاستراتيجيات في المنظمات، كونه يرتبط باختيار قطاع الإنتاج الذي تنتمي إليه المنظمة، وحجم الوحدة الإنتاجية، ونمط الإنتاج، وكذلك الترتيب الداخلي لعمليات الإنتاج Layout. كما أن القرار الخاطئ فيما يتعلق بالمنتوج يمكن أن يؤدي إلى فشل الوحدة الانتاجية أو الشركة مستقبلاً. لهذا فإنه من الضروري جداً لكل شركة تحديد استراتيجية المنتوج، الملائمة لها لنجاحه مستقبلاً.

تستطيع إدارة الشركات عملياً إتباع استراتيجية أو أكثر من استراتيجيات المنتوج، وذلك من الاستراتيجيات المتعددة المعروفة بالحياة العملية. وأهم هذه الاستراتيجيات ما يلي انظر الشكل (5-5).

الشركات الكبيرة			
الاستراتيجية الهجومية	**الشركات الكبيرة والمتوسطة**		
القدرة على البحث	**الاستراتيجية الدفاعية**	**الشركات المتوسطة**	
القدرة على التطوير	**القدرة على التطوير**	**الاستراتيجية الموجهة للتطبيقات**	**الشركات الصغيرة**
القدرة الهندسية	**القدرة الهندسية**	**القدرة الهندسية**	**استراتيجية الإنتاج الكفء**
القدرة الفائقة في التصنيع والسيطرة	**القدرة الفائقة على التصنيغ والسيطرة**	**القدرة الفائقة على التصنيع والسيطرة**	**القدرة الفائقة على التصنيع والسيطرة**

الشكل (5-5) استراتيجيات المنتوج

5-1- الاستراتيجية الهجومية Offensive Strategy، أو استراتيجية قائـد السوق

تسعى الشركة من خلال هذه الاستراتيجية إلى أن تكون الشركة الرائدة في مجال أعمالها مع تطوير المنتجات الحالية وابتكار المنتجات الجديدة، وبهـدف الوصول إلى المنتوج الجديد المبتكر بالاعتماد على القدرات الذاتيـة للشركـة (مثل شركة Texas Instruments في ترانزيستور السليكون. شركة سوني في الترانزيستور بدلاً من الصمامات المفرغة....). ويحتاج إتباع هذه الاستراتيجية إمكانات عالية لدى المنظمة في مجال البحث والتطوير والتطبيقات الهندسية، كما تتطلب توافر إمكانات مالية كبيرة والاستعداد لتقبل المخاطرة الكبيرة.

تسعى الشركات التي تنبع هذه الاستراتيجية إلى الهيمنة على السوق باستخدام إجراءات عدوانية مثل استخدام التسعير بناءاً على منحنى التعلم.

5-2- الاستراتيجية الدفاعية Defensive Strangely

تعرف أيضاً استراتيجية اتباع القائد، وتعد هذه الاستراتيجية بديلة للاستراتيجية الأولى عندما لا تكون الشركات على استعداد لتحمل مخاطر الاستراتيجية الهجومية، المتمثلة بعدم التأكد الفني (الصلاحية) والاقتصادي. ولهذا فإن الشركات تنتظر نجاح الشركة الرائدة بعد أن تهيأ المواد اللازمة للبحث والتطوير السريع من أجل استخدامه في اللحاق بالشركة القائدة في حالة نجاحها في ابتكار منتوج جديد (مثل الشركات الأوروبية: فيلبس وسيمنس وتوموسون الذين تتبعوا الشركات الأمريكية. وكذلك الشركات اليابانية استخدمت هذه الاستراتيجية في الستينات والسبعينات في القرن الماضي).

تتطلب هذه الاستراتيجية إمكانات قليلة للبحث، لكنها تحتاج إلى قدرات تطويرية وهندسية كبيرة تكون جاهزة للاستجابة واللحاق بالشركات الرائدة التي تحقق نجاحاً في مجال التطوير.

5-3- الاستراتيجية الموجهة للتطبيقات

Oriented Strategy–The Application

تستخدم هذه الاستراتيجية على نطاق واسع من قبل الشركات المتوسطة أو الصغيرة الحجم، التي تدخل السوق في مرحلة نضوج المنتوج الجديد الذي تطوره بناءاً على قدراتها ليس تطويراً أساسياً في مجال محدد ليخدم قسماً محدوداً في السوق. وهذه الاستراتيجية تحتاج إلى جهود كبيرة في مجال هندسة الإنتاج، وجهوداً قليلة في مجال البحث والتطوير.

5-4- استراتيجية الإنتاج الكفء The Efficient Production Strategy:

تقوم هذه الاستراتيجية على خفض تكاليف الإنتاج باستمرار. ويعتمد في المنافسة السعر والتجهيز الفعّال. وتتبع هذه الاستراتيجية الشركات الصغيرة بعد أن يكون المنتوج دخل في مرحلة النضوج.

تحتاج هذه الاستراتيجية جهوداً كبيرة في البحث والتطوير للسيطرة على التكاليف والإنتاج، وتحقيق الكفاءة المتفوقة في المنتوج.

ولقد قدم شرويدر R.G.Schroeder[1] أشكالاً أخرى لاستراتيجيات المنتوج وهي:

أ- استراتيجية الدفع التكنولوجية Technology - Push Strategy: هنا يتم تطوير المنتوج بالاعتماد أولاً على تكنولوجيا الإنتاج، مع اهتمام أقل بالسوق. لهذا فإن محور التطوير هو الإنتاج وحدود القدرة الفنية، بينما وظيفة التسويق لا دور لها إلا إيجاد السوق الملائم لبيع المنتجات.

---

(1) R.C Schroeder.

ب- استراتيجية شد السوق Market - Pull Strategy : يتم تطوير المنتوج بالاعتماد على السوق، مع أقل قدر من الاهتمام بالتكنولوجيا الموجودة وعمليات الإنتاج، حيث الاعتماد على حاجات الزبون في التطوير (المدخل السوقي).

ج- الرؤية الوظيفية المتبادلة Interventional View: يتم تطوير المنتوج من خلال التفاعل الوظيفي القائم على التكامل بين الوظائف في المنظمة (الإنتاج، التسويق، المالية، الهندسية...الخ). وهذه الاستراتيجية يصعب تنفيذها نظراً إلى الصراع بين الوظائف المختلفة في المنظمة.

إن اختيار الاستراتيجية المناسبة يتوقف على حجم المنظمة وإمكاناتها وظروف السوق، ولا يوجد استراتيجية مثالية في كل الحالات وعلى كل المنظمات.

6. أساليب تطوير المنتجات

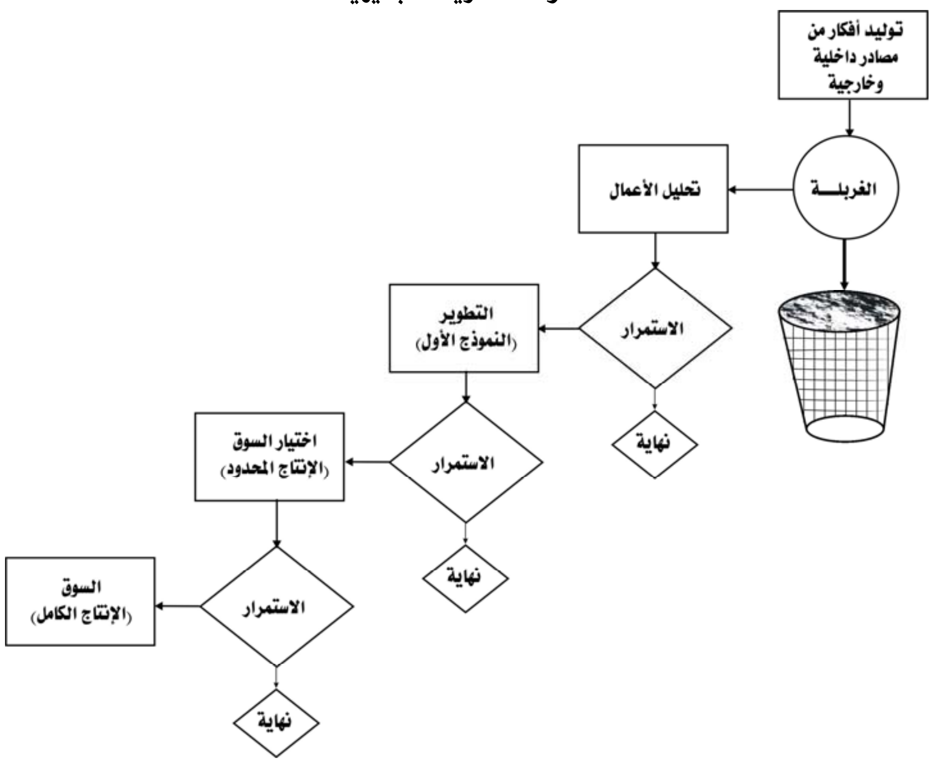
بالرغم من أن الحياة العملية لم تثبت وجود أسلوب ثاني لتطوير المنتجات إلا أنها عرفت ثلاثة أساليب مهمة، وهي الآتية:

6-1- الطريقة البديهية Intuitive Method

وهي طريقة تجريبية لا تعتمد على تحديد أسلوب محدداً للحصول على الأفكار الجديدة، بل تعتمد على كل ما هو متاح للحصول على الأفكار الجديدة، ومن كافة المصادر سواء كانت داخلية (العاملون، الباحثون، المبتكرون في الشركة)، أو خارجية (براءات الاختراع وتراخيصها ، الدوريات العلمية، المؤتمرات، الموزعون، مقترحات، وشكاوى الزبائن.. الخ).

تقوم هذه الطريقة على عدة خطوات متسلسلة، وهذه الخطوات يتخللها عدد من نقاط اتخاذ القرار. فإذا كان القرار إيجابي نستمر بالخطوات، أما إذا كان القرار سلبي فنعود من جديد. ونوضح ذلك بالشكل (5-6) الآتي:

شكل (6-5)
خطوات الطريقة البديهية



6-2- فريق المغامرة Venture Team

وهو أسلوب لإدارة المنتوج الجديد من مرحلة الفكرة إلى مرحلة التسويق بالإنتاج الكامل، ولقد ابتكره Hill and Htlavacek واقترحه عام 1972 وانتشر استخدامه بسرعة في الكثير من الشركات.

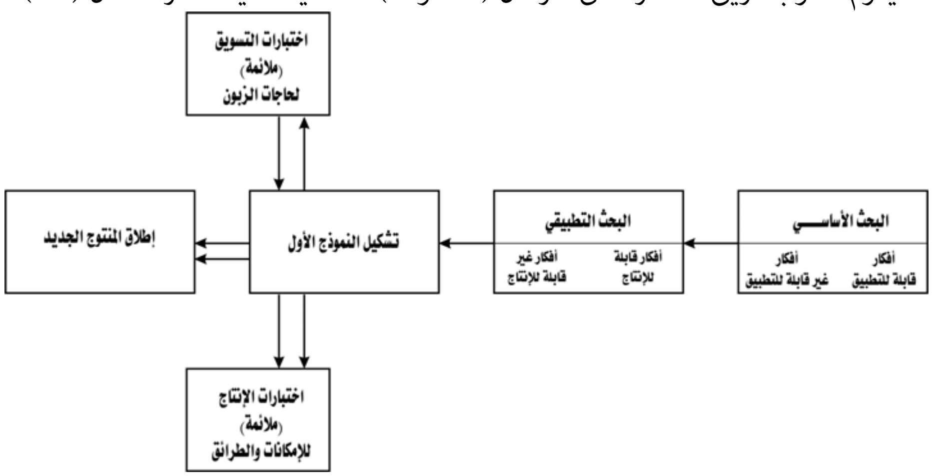
يقوم هذا الأسلوب على تشكيل فريق صغير مؤلف من اختصاصات عديدة يمثلوا الإنتاج، والمالية، والتسويق. ويكون هذا الفريق مستقل عن الشركة لضمان استقلاليته في العمل. وفي حالة التوصل إلى نتائج إيجابية، يقدم الفريق هذه النتائج على شكل مقترحات إلى إدارة الشركة تتناول وضع المنتجات الحالية والجديدة.

3-6- دورة الابتكار Innovation Cycle

وهو أسلوب علمي لتطوير المنتجات الحالية، والتوصل إلى المنتجات المبتكرة الجديدة التي ترضي حاجات الزبائن، وتحقق أهداف الشركة بكفاية.

يلائم هذا الأسلوب الاتجاهات الحديثة في العلم والتكنولوجيا ومتطلباتها،مثل الاستقرار والاستمرار في توليد ومتابعة الأفكار الجديدة، وتحويلها إلى منتجات جديدة. كما إنه يلائم الشركات الكبرى التي يتوافر لديها الإمكانات والقدرات الفنية والمالية العالية.

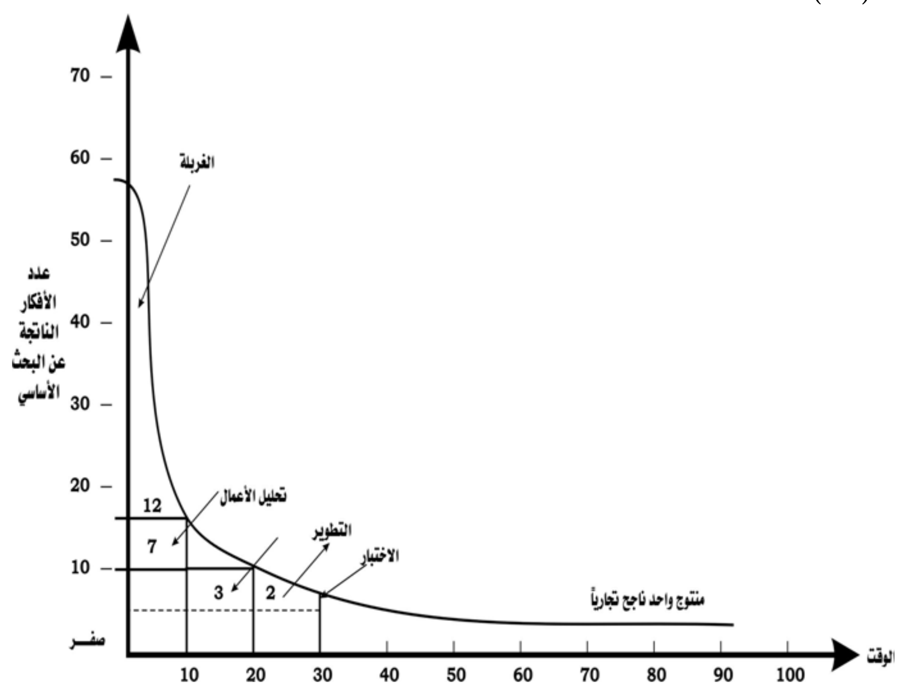
يقوم أسلوب فريق المغامرة على المراحل (الخطوات) الأساسية الآتية. انظر الشكل (5-7) .



شكل (5-7) مراحل دورة الابتكار في تطوير المنتوج

أ) البحث الأساسي Basic Research: يكون مخصصاً لاكتشاف شيء جديد أو طريقة جديدة، أو معرفة جديدة تغني التراث العلمي الإنساني وبدون أغراض تجارية، مثل البحوث الجامعية، ومراكز البحث العلمي التي تهدف إلى الوصول إلى قوانين علمية ومبادئ جديدة تكون أساساً لتوليد أفكار جديدة يمكن الاستفادة منها في الحياة العملية إذا كانت ممكنة التطبيق (10% فقط من البحوث

الأساسية تكون قابلة للتطبيق). ولقد أشار شرويد R.G. Schroeder أن من بين (58) فكرة جديدة قدمت لتطوير المنتجات كان هناك (12) فكرة صالحة بعد عملية الغربلة، منها (7) فكرات فقط صالحة وملائمة في ضوء تحليل الأعمال، و(3) فكرات صالحة للتطوير و(2) فكرتان من الفكرات (الثلاث) الصالحة بقيتا ملائمتين بعد الاختبار، وليخرج منهما منتوج واحد يمكن أن يكون ناجحاً تجارياً. انظر الشكل (8-5).



شكل (8-5) نتائج البحث الأساسي وتطوير المنتوج

ب) البحث التطبيقي Applied Research: يقوم البحث التطبيقي على تطبيق نتائج البحوث الأساسية لأغراض تجارية. وتشمل مجالات هذا النوع من البحوث تصميم المنتجات الجديدة، وإعادة تصميم وتطوير المنتجات الحالية، وتطوير الطرائق المستخدمة في الإنتاج، وتحسين تغليف المنتجات الحالية.

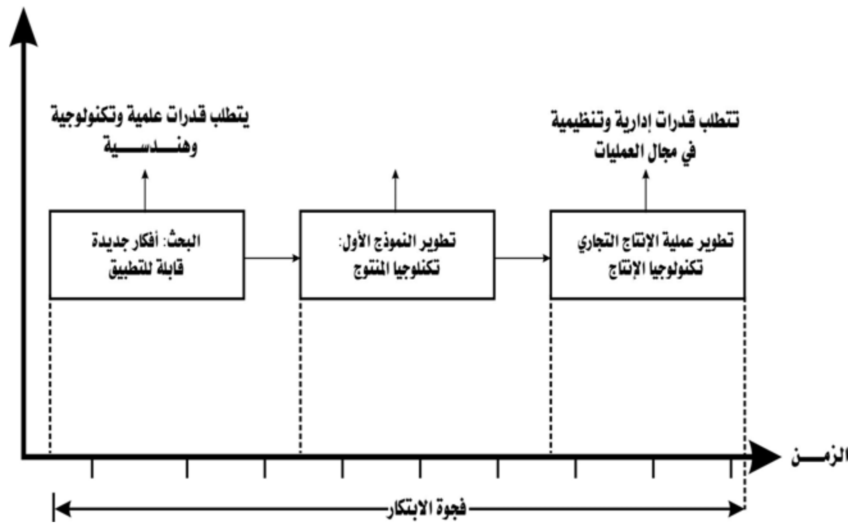
ت) تشكل المنتوج أو النموذج الأول: يتم إعداد النموذج الأول للمنتوج الجديد، ويوضع للتقييم من قبل إدارة التسويق، وإدارة الإنتاج وذلك كما يلي:

1- التقييم من وجهة نظر إدارة التسويق استناداً على الخبرة التسويقية لهذه الإدارة، وبناءاً على خصائص السوق ومنتجات المنافسين وحاجات الزبون. وهذه العملية هي المدخل التسويقي في دورة الابتكار للمنتجات الجديدة.

2- التقييم من وجهة نظر إدارة الإنتاج، استناداً على خبرة إدارة الإنتاج في الإنتاج، ومستوى الجودة والمعوّليـة والتغليف، وتكاليف الإنتاج، والخصائص الوظيفية.. الخ. وهذه العملية هي المدخل الإنتاجي في دورة الابتكار للمنتجات الجديدة.

تجري الشركة تقييم التسويق والإنتاج بوقت متزامن، ونحصل على الموافقات معاً أو عدم الموافقة أو التعديل ... الخ بعد ذلك.

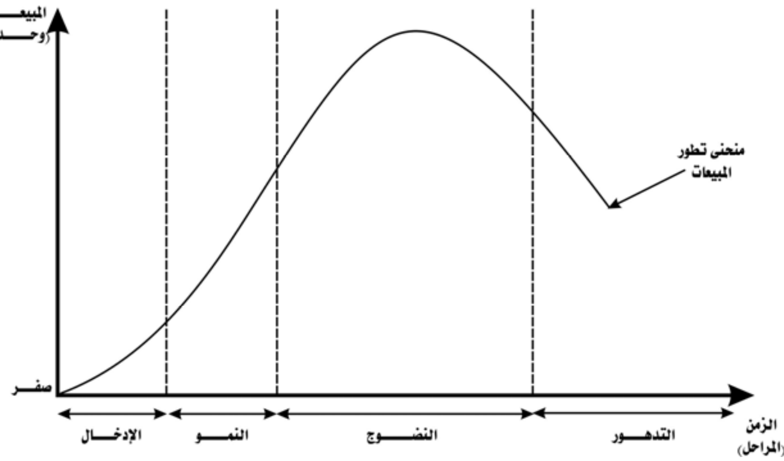
ث) الإطلاق: إذا كانت نتائج التقييم التسويقي والإنتاج هي إيجابية، سواءاً مع تعديلات، أو مقترحات، أو بدون ذلك يتم إنتاج المنتوج تجارياً وإطلاقه إلى السوق، وذلك باعتبار أن دورة الابتكار مرحلة تسبق عملية ولادة المنتوج تجارياً. إن الفترة الممتدة بين مرحلة تطور الفكرة الجديدة ومرحلة إدخال المنتوج الجديد إلى السوق تدعى فجوة الابتكار. وهذه الفجوة تطول أو تقصر. وكلما طالت هذه الفترة كانت التكاليف أكبر، والانتظار أطول للحصول على فوائد الفكرة الجديدة... والشكل (5-9) يوضح مفهوم فجوة الابتكار، علماً أن مرحلة تطوير عملية الإنتاج وملائمة المنتوج بشكل فعال وكفء تمثل جزءاً مهماً من فجوة الابتكار.



شكل (5-9) مفهوم فجوة الابتكار

7. دور حياة المنتوج Product - Life Cycle

تعرف دورة حياة المنتوج بأنها الفترة الزمنية الممتدة من مرحلة إدخال المنتوج إلى السوق مروراً بمرحلة النمو والنضوج إلى مرحلة التدهور، وهي مرحلة خروجه من السوق. وهذه المراحل تعرف بدلالة تطور المبيعات، والتي يمكن توضحها بالشكل (5-10).



شكل (5-10) دورة حياة المنتج/ المبيعات

يتم دراسة دورة حياة المنتوج من قبل إدارة الإنتاج والعمليات في إطار تحديد ما يلي:

أ- الطاقة الإنتاجية الملائمة لمواجهة تطور المبيعات وحسب الخصائص التي ترضي الزبون.

ب- نمط الإنتاج في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج وصولاً إلى الكفاية الاقتصادية.

ج- منحنى التعلم والخبرة.

وهذه المراحل هي الآتية:

1- مرحلة الإدخال: حيث تكون المبيعات منخفضة، والأرباح سالبة، والزبائن قلة.

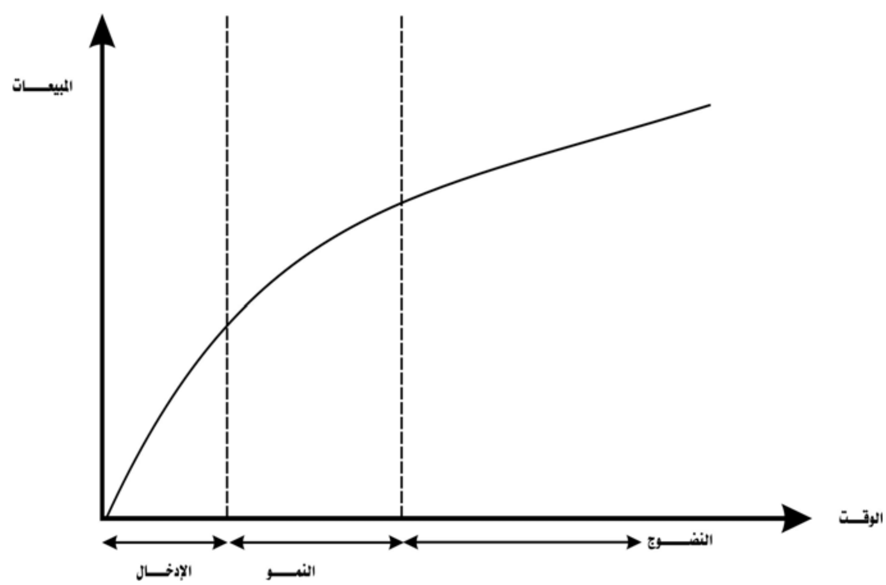
2- مرحلة النمو: حيث تكون المبيعات في تطوير سريع، والأرباح موجبة، والزبائن في تزايد.

3- مرحلة النضوج: حيث تنمو المبيعات ببطء وتتناقص الأرباح والزبائن بكثرة.

4- مرحلة التدهور: حيث تناقص المبيعات، والأرباح، والزبائن.

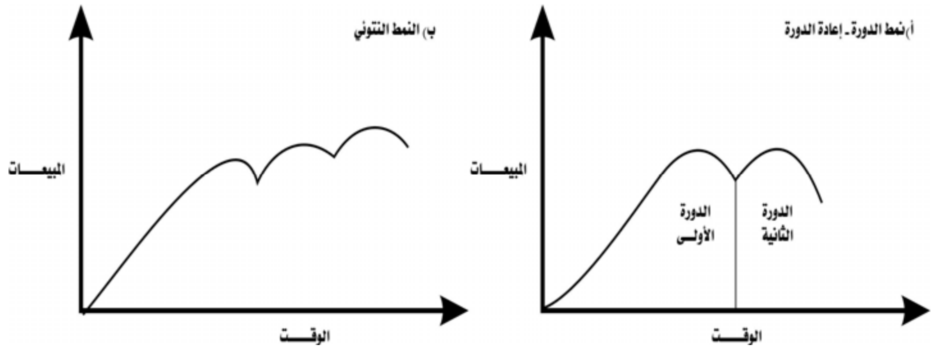
إن طول دورة حياة المنتوج تتوقف على عوامل داخلية، (مثل: القدرة على التطوير والإدارة والتنظيم) وعلى عوامل داخلية (مثل: المنافسة والقدرة التسويقية)، ومع ذلك فإن هناك منتجات ليس لها دورة حياة (مثل: أقلام الرصاص، السكاكين الملاعق) لأن هذه المنتجات ليس لها مرحلة تدهور. ودورة حياتها يمثله الشكل (5-11) التالي.

شكل (5-11) دورة حياة أقلام الرصاص، السكاكين..



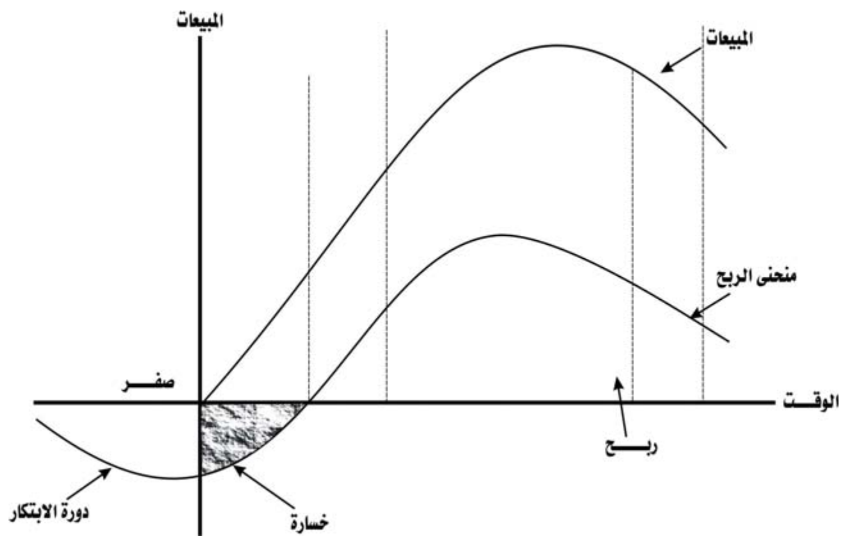
كما أن تدخّل الإدارة في دورة حياة المنتوج يأخذ أبعاداً واسعة في مرحلتي النضوج والتدهور، الأمر الذي يخلق ما يعرف بإعادة الدورة (أو هي الدورة الثانية)، ويمكن أن ينشأ ذلك من خلال حملات الترويج أو غيرها.. وكذلك يمكن أن

تطوّر الإدارة وبأساليب مختلفة ما يعرف بالنمو النتوئي. والشكل (5-12) يوضح ذلك.



شكل (5-12) دورة حياة المنتوج (أنماط خاصة)

يتوافق مع دورة حياة المنتوج دورة الربح والخسارة، ولبيان العلاقة بين الدورتين يتم تمثيل دورة حياة المنتوج بمنحنى المبيعات، ودورة الربح والخسارة، بمنحنى الربح والخسارة. ويمكن توضيح ذلك بالشكل (5-13) الآتي:

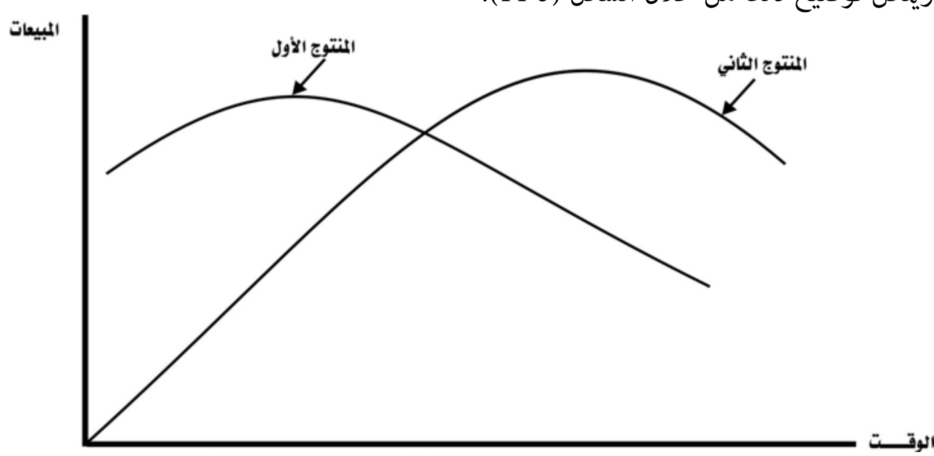


شكل (5-13) دورة حياة المنتوج ودورة الربح والخسارة

يشير الشكل إلى أن دورة الابتكار تمثل خسارة، بالإضافة إلى مرحلة الإدخال، وبعد ذلك يبدأ الربح بالتزايد طرداً مع تزايد المبيعات.

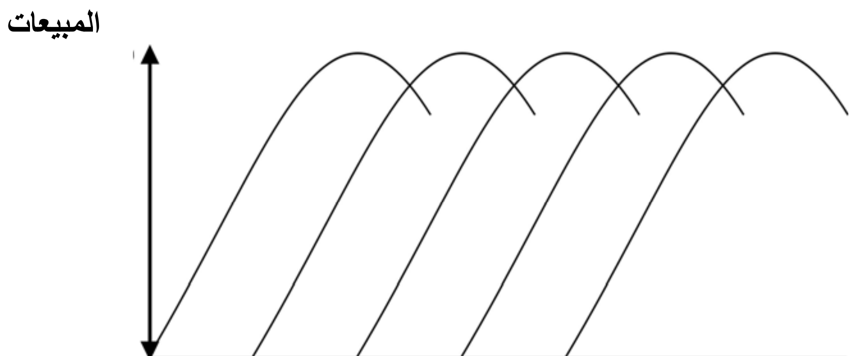
8. دورة حياة المنتوج واستغلال الطاقة الإنتاجية

كثيراً ما ينشأ عن دورة حياة المنتوج مشكلة استغلال الطاقة الإنتاجية المتاحة، وذلك بسبب أثر مراحل دورة المنتوج على تطوير منحنى المبيعات. حيث يظهر هذا المنحنى تباين كبير بين المراحل في حجم المبيعات. وهذا بدوره يؤثر على الطاقة المتاحة وكيفية استغلالها. فإذا نظرنا إلى مرحلة النضوج ومرحلة الإدخال نلاحظ أن هناك فروقاً كبيرة في استغلال الطاقة، ودائماً يوجد فائض في الطاقة من مرحلة الإدخال إلى مرحلة النمو وحتى تصل إلى مرحلة النضوج. وهذه الطاقة الفائضة تضيف تكاليف كبيرة على الإنتاج، وترتب مشكلة إدارية خطيرة جداً. ولحل هذه المشكلة ينصح بإدخال منتوج ثانٍ على مراحل متعاقبة، بحيث يأخذ كل منتوج دورة حياة خاصة، به وخلال فترة زمنية يستطيع امتصاص الطاقة الفائضة. ويمكن توضيح ذلك من خلال الشكل (5-14).



شكل (5-14) دورة حياة المنتوج واستغلال الطاقة

وفي الشركات الكبيرة يمكن أن تستوعب الطاقة الإنتاجية المتاحة العديد من المنتجات على خط الزمن، وبحيث يتم استغلالها بشكل اقتصادي، لهذا يتم إدخال عدة منتجات في مرحلة النضوج (المنتجات يجب أن تكون في مراحل متباينة حتى لا يكون هناك مشكلات إنتاجية وتسويقية كما تلجأ الشركات إلى إتباع هذه السياسة لاستغلال الطاقة التسويقية المتاحة، حيث أن هذه الطاقة تكون غير مستغلة اقتصاديا في مرحلتي الإدخال والتدهور). ولتوضيح هذه المسألة نأخذ الشكل (5-15) الآتي:

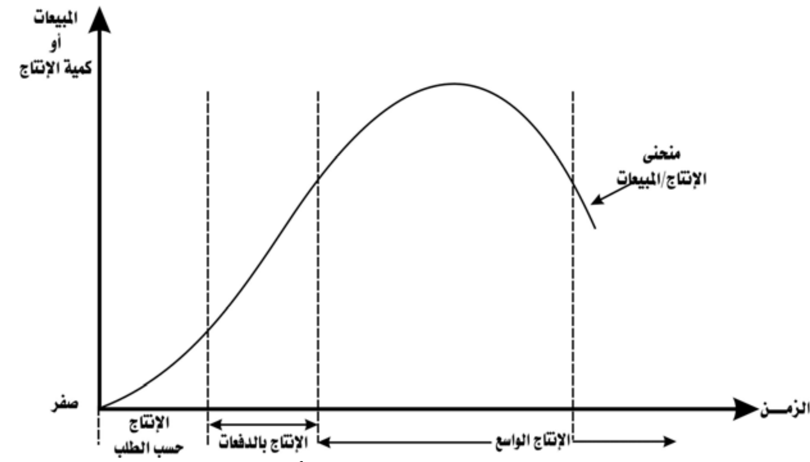


المنتوج الأول	الإدخال	النمو	النضوج	التدهور		
المنتوج الثاني	-	الإدخال	النمو	النضوج	التدهور	
المنتوج الثالث	-	-	الإدخال	النمو	النضوج	التدهور
المنتوج الرابع	-	-	-	الإدخال	النمو	النضوج
المنتوج الخامس	-	-	-	-	الإدخال	النمو

شكل (5-15) دورة حياة تشكيلة منتجات متعاقبة

9- دورة حياة المنتوج ونمط الإنتاج:

هناك علاقة وثيقة بين دورة حياة المنتوج واختيار نمط الإنتاج الملائم. والشكل (5-16) يظهر هذه العلاقة.



شكل (5-16) دورة حياة المنتوج وأنماط الإنتاج

من الشكل نلاحظ أن علاقة دورة حياة المنتوج مع أنماط الإنتاج كما يلي:

أ- في مرحلة الإدخال فإن الإنتاج يكون منخفض والمبيعات أيضاً، وذلك لأن المنتوج غير قياسي ويتعرض إلى التعديل المستمر. وهذه الحالة تتلاءم ونمط الإنتاج حسب الطلب Job Production.

ب- في مرحلة النمو فإن التغيرات تكون كثيرة على المنتوج، لكن كمية الإنتاج والمبيعات تزداد باضطراد، ولكنها لا تكفي لاستغلال كامل الطاقة، ولهذا فإن نمط الإنتاج الملائم يكون الإنتاج بالدفعات Batcn Production، حيث يتناوب على الخط عدة منتجات في فترات متعاقبة.

ج- في مرحلة النضوج فإن المنتوج يصبح قياسي، والتغيرات عليه تكون طفيفة، وكميات الإنتاج والمبيعات في ذروتها، لذلك فإن نمط الإنتاج المناسب هو الإنتاج الواسع Mass production .

ولتحديد العلاقة بين دورة حياة المنتوج ودورة حياة التصنيع لا بد لنا من عرض موجز لمصفوفة المنتوج/ نمط الإنتاج التـي قدمهـا هايس وويلرات Hayes and Wheelwright عام 1979، والتي تشير إلى أن المنتوج وهو يمر بمراحل أساسية في دورة حياته يمر أيضاً بمراحل أساسية في دورة عملية تصنيعه.

واستناداً لهذا فإن مصفوفة المنتوج، التصنيع التي تحقق الربط بين دورة حياة المنتوج ودورة حياة التصنيع. والشركات تقع على قطر المصفوفة عند تحقيق الربط الرشيد بينهما على أساس اقتصادي صحيح. والعامود الأول يشير إلى دورة التصنيع، والصف الأول يشير إلى دورة حياة المنتوج.[1]

المرونة

دورة حياة المنتوج دورة حياة التصنيع	حجم صغير، قياسية، أقل، وحدة واحدة من كل نوع من المنتوج	حجم أكبر منتجات متعددة	حجم أكبر منتجات زمنية قليلة	حجم كبير، منتجات قياسية عالية، منتجات نمطية
الإنتاج حسب الطلب	مكتب صياغة			غير ملائم: الكلف الرأسمالية تكون عالية جداً
إنتاج الوجبة		المعدات الثقيلة		
الإنتاج الواسع			تجميع السيارات	
الإنتاج المستمر	غير ملائم كلفة واحدة تكون عالية			تكرير السكر

الاعتمادية

شكل (5-17) مصفوفة دورة حياة المنتوج/التصنيع

Source: S.C. Wheelwright & R.H. Hayes, 19 بتصرف من المؤلف

إن تقاطع الصف مع العامود يحدد نوع الصناعة ونمط الإنتاج. وكما يظهر ذلك الشكل (5-17). والشركات التي تقع على قطر المصفوفة يمكن أن تكسب ميزات تنافسية في الكلفة القياسية أو في المرونة والتنوع. والشركات التي تقع بعيداً عن قطر المصفوفة فسوف تتحمل تكاليف عالية، أما بسبب التكلفة الرأسمالية (استخدام المنتجات في نمط الإنتاج حسب الطلب)، أو بسبب التكلفة في الوحدة

[1] S.C. Wheelwright and R.H. Hayes, Lint Manufacturing Process and Product Life Cycles, HBR. Jan-Feb. 179,pp133-140.

(استخدام نمط الإنتاج الواسع في المنتجات غير النمطية أو الكمية الصغيرة). والشركات التي تقع في هذه المناطق لن تكون قادرة على المنافسة.

10. دورة حياة المنتوج ومنحنى التعلم

إن مفهوم منحنى التعلم يبيّن العلاقة بين وقت العمل وكمية الوحدات المنتجة. وهذه العلاقة تقول عندما تتضاعف الكمية الكلية من الوحدات المنتجة فإن وقت إنتاج الوحدة يتناقص بمعدل ثابت يعرف بمعدل التعلم وذلك مع كل مرة تتضاعف فيها هذه الكمية. كما يرتبط بمنحنى التعلم قانون الخبرة الذي قدمته مجموعة بوسطن الاستشارية، والذي يفيد بأن كلفة الوحدة من المنتوج تنخفض بنسبة مئوية ثابتة في كل مرة تتضاعف فيها الخبرة بمضاعفة الإنتاج التراكمي. ولقد حددت مجموعة بوسطن الاستشارية انخفاض كلفة الوحدة بمقدار الثلث، وتحسب من خلال الصيغة الآتية:

$2Q = 2/3C$

حيث أن :

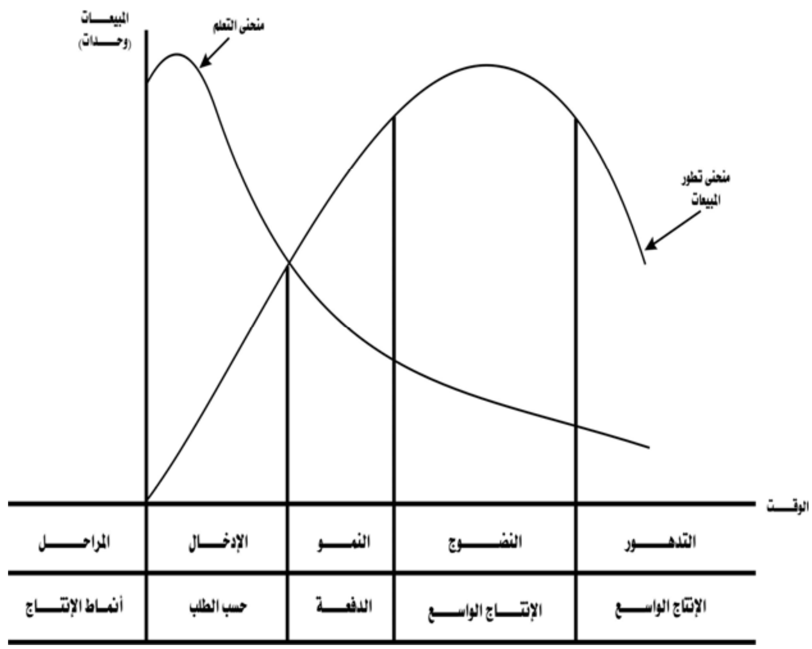
Q = حجم الإنتاج Production Quantitative

C = كلفة الوحدة Cost Per Unit

إن تحديد علاقة المنتوج بمنحى التعلم يساعد في بيان أثر منحنى التعلم على تكلفة الوحدة وذلك في حالتين، وهما:

1- في حالة المنتجات الجديدة التي يكون محتوى العمل فيها متشابهاً مع المنتجات الحالية، فإن كلفة العمل المباشر فيها سوف تكون متدنية جداً بسبب تراكم الخبرة. وهذا يساعد على تعزيز القدرة التنافسية للمنتجات الجديدة من ناحية السعر في السوق.

2- في حالة المنتجات الجديدة التي يكون محتوى العمل فيها جديداً، فإن تكلفة العمل المباشر سوف تكون عالية جداً في مرحلة الإدخال، وتبدأ بالتناقص بمعدل ثابت مع دخول مرحلة النمو ثم النضوج والتدهور. وهذه الحالة يوضحها الشكل (5-18).



شكل (5-18) منحنى التعلم ودورة حياة المنتوج والتصنيع

وقت العمل ومعدل التعلم:

يتم احتساب وقت العمل في وحدات الإنتاج المتراكمة على أساس معدل التعلم بطريقتين هما:

1- الطريقة اللوغارتيمية: يتم تحديد وقت العمل اللازم لوحدات الإنتاج التراكمة كما يلي:

وك = و أ ك ب

حيث أن:

و ك = ساعات العمل المطلوبة لإنتاج الوحدة (ك).

و أ = ساعات العمل المطلوبة لإنتاج الوحدة الواحدة (الإنتاجية الأولية).

ب = مؤشر التعلم (يستخرج من جداول قياسية حسب معدل التعلم).

ك = العدد الترتيبي للوحدة (الوحدة الأولى، الثانية، الثالثة، وهكذا).

مثال (5-1):

تلقت شركة الإنشاءات المعدنية طلبيات من مرفأ طرطوس لإنتاج رافعات ثابتة تستخدم في رفع الحاويات عن ظهر السفن ووضعها على أرصفة المرفأ. وبناءاً على خبرة الشركة في بناء الرافعات فلقد قدر المهندسون منحنى التحسن في وقت العمل سوف يكون نسبته 80%، وأن الوحدة الأولى (الرافعة الأولى) الجديدة تحتاج (400) ساعة عمل. وكانت الطلبيات المقدمة للحصول على الرافعات في الأشهر الستة القادمة كما يلي:

الأشهر	عدد الرافعات المطلوبة
1	4
2	6
3	10
4	15
5	20
6	10
المجموع	65

المطلـوب:

1- احتساب عدد الساعات المطلوبة لإنتاج الرافعات الجديدة حسب الطلبيات.

2- إذا كان عدد أيام العمل في الشهر (30) يوماً، وعدد ساعات العمل في اليوم (10) ساعات، فكم يكون عدد العاملين المطلوب للإيفاء بكل طلبية؟

الحل:

1- أن قيمة (ب) عند منحنى التعلم (80%) من الجدول هي (-0.3219) ونعوّض هذه القيمة في المعادلة:

و ك = وا ك ب

وك = (400) ك – 0.3219

نستخدم بيانات المعادلة أعلاه لحساب ساعات العمل اللازمة للوحدات المتراكمة:

(4 ، 10، 20، 35، 55، 65).

2- نعد جدول نحدد فيه عدد الوحدات المتراكمة، وساعات العمل اللازمة شهرياً للوحدات المطلوبة، والتغير في ساعات العمل، وفي المخرجات في الأشهر الخمسة.

أسئلة ومسائل الفصل الخامس

1- ما هي مواضع وعناصر تصميم المنتج؟

2- اذكر المراحل التي تمر بها عملية تطوير المنتج.

3- وضّح بالأمثلة كيف يتم تنظيم وظيفة تصميم وتطوير المنتج في المنظمة الصناعية.

4- هل هناك اعتبارات يجب أن تؤخذ بالحسبان أثناء عملية تطوير التصميم؟ وضح الأسباب.

5- هل هناك ضرورة لإحداث وحدة إدارية (إدارة) للبحث الصناعي في المنظمة الصناعية؟ وضح الأسباب التي تؤيد اجابتك المناسبة.

6- ما هي أنواع البحوث، وما أهمية كل منها على صعيد تطوير وتصميم المنتج في المنظمة؟

7- هل ترى ضرورة في تنظيم وظيفة البحث في المنظمة؟ وضح ذلك.

8- ما هي استراتيجيات تطوير المنتج، وما هي الحالات التي تؤيد استخدام كل منها؟

9- قدم شرويدر R.G. Schroeder أشكالاً مختلفة من استراتيجيات المنتج، ما هي هذه الاستراتيجيات؟ وهل تناسب عمل المنظمات الصغيرة والمتوسطة؟

10- يوجد عملياً ثلاثة أساليب لتطوير المنتجات، ما هي هذه الأساليب، وأيها أكثر ملائمة للمنظمات العاملة في دول العالم الثالث؟

11- هل هناك علاقة بين دورة حياة المنتج، وتطويره، وتصميمه؟ وضح ذلك بالأمثلة.

12- وضح العلاقة بين دورة حياة المنتج واستغلال الطاقة الإنتاجية.

13- هل تقر بوجود علاقة بين دورة حياة المنتج ونمط الإنتاج؟ وضح الإجابة بالأمثلة الواقعية.

14- هل لدورة حياة المنتج أثر على منحنى التعلم وتنمية المهارات الإدارية في المنظمة؟ وضح ذلك بالأمثلة.

مراجــع الفصل الخامس

1) المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، 2000.

2) الصرن، رعد، إدارة الإبداع والابتكار، دار الرضا للنشر، دمشق، 2000.

3) الصرن، رعد، كيف نحقق بيئة ابتكارية في المنظمات؟ دار الرضا للنشر والتوزيع، دمشق، 2001.

4) S.C. Wheelwright and R.H. Hayes, Link Manufacturing Process and Product Life Cycles, HBR. Jan-Feb. 1979, pp. 133-140.

5) Greech, Bill, The Five Pillars of TQM: How to make total Quality Management Work for you, New York: Truman Tally Books/Dutton, 1994.

6) Hodges, Richard M. Blueprints for Continuous Improvement : Lessons from the Baldrige Winners. New York,: American Management Association 1993.

7) Hoffherr, Glen D., and Gerald Nadler. Breakthrough Thinking in total Quality Management. Englewood Cliffs, N J: Prentice Hall, 1993.

8) Johnson, Richard S ., TQM: Leadership for the Quality Transformation . Vols. 1-4- Milwaukee : ASQC Quality Press, 1993.

9) Chase, Richard B., and Nicholals J. A Quilano Production and Operations Management, 7th ed . Mc Graw Hill, New York, 1996.

10) S.C . Wheelwirght and R.H. Hayes, Link Manufacturing Process and Product Life Cycles, HBR. Jan-Feb. 1979, PP 133-140.

الفصل السادس

قرار اختيار موقع التسهيلات

العناوين الرئيسة:

1- عوامل ومتغيرات قرار اختيار الموقع
2- المدخل الموزون للتقييم
3- طريقة المفاضلة بين الكلفة/العائد
4- طريقة مركز الثقل
5- تقنية مسافة التحميل
6- تحليل التعادل
7- طريقة الدمج

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- توضيح أهمية قرار اختيار موقع التسهيلات على نجاح أو فشل المنظمة أو على التكاليف والإنتاجية.
2- عرض أهم العوامل والمتغيرات التي تؤثر على قرار اختيار موقع التسهيلات.
3- شرح أهم الطرائق الكمية والنوعية المستخدمة في تحليل واتخاذ قرار اختيار موقع التسهيلات.

الفصل السادس
قرار اختيار موقع التسهيلات

1.عوامل ومتغيرات قرار اختيار الموقع

عندما تريد شركة إقامة وحدة إنتاجية جديدة أو تغيير موقع الوحدة الإنتاجية القائمة فإنه يتوجب عليها اتخاذ قرار حول المكان الجديد المناسب لإقامة الوحدة الإنتاجية، وذلك نظراً لأهمية الموقع وأثره على نجاح أو فشل الوحدة الإنتاجية.

ويعد قرار اختيار موقع الوحدة الإنتاجية من القرارات الاستراتيجية التي تتخذ لمرة واحدة أو عدد قليل من المرات على المدى الطويل. وهذا القرار لا يمكن تغيره أو تعديله بسهولة لاحقاً، وبخاصة عندما يكون القرار المتخذ غير مرضٍ، لأنه يصبح أمراً واقعاً وعلى المنظمة التأقلم مع نتائجه.

كما أن الكثير من المشروعات يتوقف نجاحها وطول دورة حياتها على موقع المشروع (مثل: الجامعات، المطاعم، الفنادق، المعارض). وهنـاك كثير من المشروعات تشكل تكاليف الموقع والتجهيزات معظم تكاليفها الرأسمالية لهذه الأسباب كان لا بد على إدارة المشروعات أن تدرس وبدقة عملية اتخاذ القرار المتعلق باختيار الموقع، وصولاً لاختيار الموقع المناسب الذي يساهم في نجاح المشروع وإطالة دورة حياته. وهذا يتطلب دراسة جميع العوامل التي تؤثر على تكاليف الموقع، بالإضافة للعوامل التي تعطي أبعاداً اجتماعية، وثقافية، وبيئية للموقع. ونظراً لتداخل وكثرة العوامل التي يتوجب على متخذ القرار دراستها وأخذها بالحسبان فإنه يتم تصنيفها في مجموعتين، هما:

أ) مجموعة العوامل الاقتصادية: وهذه العوامل يمكن تحديد أثرها بما يترتب عليها من تكاليف يتحملها المشروع طيلة فترة حياته الإنتاجية (مثل: القرب

من سوق الموردين، والقرب من سوق المستهلكين، وتوافر البنى التحتية للمشروع، والضرائب والعمال.. الخ). ولتحديد أثر تلك العوامل فإن إدارة المشروع تستخدم التحليل الكمي مثل تحليل التناول وطريقة مركز النقل.

ب) مجموعة العوامل النوعية: وهذه العوامل يتم تحديد أثرها بشكل غير مباشر على حياة المشروع. ويتم تقييمها باستخدام التحليل النوعي الذي يعطي لكل عامل عدد من النقاط التي تمثل ميزات يجب توافرها في المشروع. (مثل: وجود الحدائق العامة بالقرب من المشروع، والمدارس، والمشافي وسكن العاملين، ومواقف السيارات.. الخ).

وسوف نشرح الطرائق المستخدمة في تحليل كل من العوامل الاقتصادية والنوعية في الفقرات التالية.

2.المدخل الموزون للتقييم Weighted Approach Evaluation

تقوم هذه الطريقة على اعتماد الأوزان في تقييم العوامل موضوع التقييم، وذلك وفق الخطوات التالية:

1- تحديد جميع العوامل المؤثرة في تقييم الموقع المطلوب دراسته، ووضع العوامل المحددة في قائمة (جدول).

2- إعطاء وزن معين لكل عامل من العوامل المدرجة في القائمة، بحيث يعكس الوزن الأهمية النسبية للعامل من حيث تحقيق الهدف المطلوب.

3- تحديد نقاط لكل عامل وفق مقياس معين يحدد له.

4- وزن نقاط لكل عامل مهم، وذلك بضرب النقاط المحددة في النقطة رقم (3) في الأوزان المنسبة لها في النقطة رقم (2) أعلاه.

5- اختيار الموقع ذي النقاط الأكثر بالمقارنة مع المواقع الأخرى.

مثال (5-1):

الجدول التالي يوضح البيانات لثلاثة مواقع متاحة أمام إدارة الشركة والحل.

العنصر	الوزن	عمان	السلط	اربد	عمان	السلط	اربد
	النقاط (من 100)				**النقاط الموزونة**		
(1)	**(2)**	**(3)**	**(4)**	**(5)**	**(2)(3)**	**(2)(4)**	**(2)(3)**
تكاليف عمل	.30	60	70	35	18	21	10.5
مواقف سيارات	.20	80	30	70	16	6	14
نظام النقل	.15	65	50	70	9.75	7.5	10.5
خدمات صحية	.10	90	90	80	9	9	8
ضرائب	.25	80	75	70	20	18.75	17.5
المجموع	**1.00**				**72.75**	**62.25**	**60**

3. طريقة المفاضلة بين الكلفة/ العائد

تستخدم هذه الطريقة عندما تستطيع إدارة المنظمة تحديد التكاليف الإجمالية لكل موقع متاح، حيث يتم مقارنة المواقع واختيار الموقع الأقل تكلفة. ويمكن أن تستخدم هذه الطريقة في حالتين، هما:

أ) عندما يتم المفاضلة بين عدة مواقع بديلة متاحة والموقع الحالي.

مثال (5-2):

تريد شركة الوفاق التجارية إقامة فرع جديد لأعمالها، وأمامها ثلاثة بدائل متاحة، والبيانات المتعلقة بتلك البدائل موضحة في الجدول الآتي:

عناصر التكاليف	الموقع الحالي	المواقع المرشحة		
		الأول	الثاني	الثالث
أجور عمال	350.000	300.000	280.000	380.000
تكاليف مواد	600.000	650.000	620.000	500.000
تكاليف تجهيزات	150.000	100.000	220.000	220.000
خدمات مباشرة	200.000	70.000	80.000	250.000
تكاليف أخرى	150.000	80.000	50.000	130.000

المطلوب:

اختيار الموقع الأفضل علماً أن إدارة الشركة ترغب في تحقيق اقتصاد في الموارد (التكاليف) لا يقل عن 15%.

الحل:

نقارن بين المواقع المتاحة على أساس التكاليف الإجمالية وكما يلي:

البيانـــات	الموقع الحالي	المواقع المرشحة		
		الأول	الثاني	الثالث
مجموعة التكاليف	1450.00	120.000	123000	1380.000
الاقتصاد بالتكاليف	-	250.000	200.000	70.000
نسبة الاقتصاد%	-	17.2	13.8	4.8

من الجدول أعلاه نلاحظ أن الموقع الأفضل هو الأول، لأنه يحقق نسبة في الاقتصاد تعادل 17,2% أكبر من النسبة المطلوبة كشرط في الموقع الجديد، ومقدارها 15%.

ب) في حالة المفاضلة بين عدة مواقع بديلة متاحة ولا يوجد موقع حالي للمشروع.

وهذا ما سوف نوضحه في مثال (5-6) عند مناقشة طريقة دمج العوامل.

4. طريقة مركز النقل Center of Gravity Method

تستخدم هذه الطريقة في حالة وجود مركز تصنيع واحد وعدة مستودعات موزعة في عدة مناطق وترتبط مع المصنع. ويتم إيجاد مركز النقل بحساب إحداثيات X و Y الذي ينتج عنهما أقل تكلفة نقل، وذلك باستخدام الصيغة التالية:

$$C_y = \frac{\sum_i diy\,Vi}{\sum_i Vi}$$

$$C_x = \frac{\sum_i dix\,Vi}{\sum_i Vi}$$

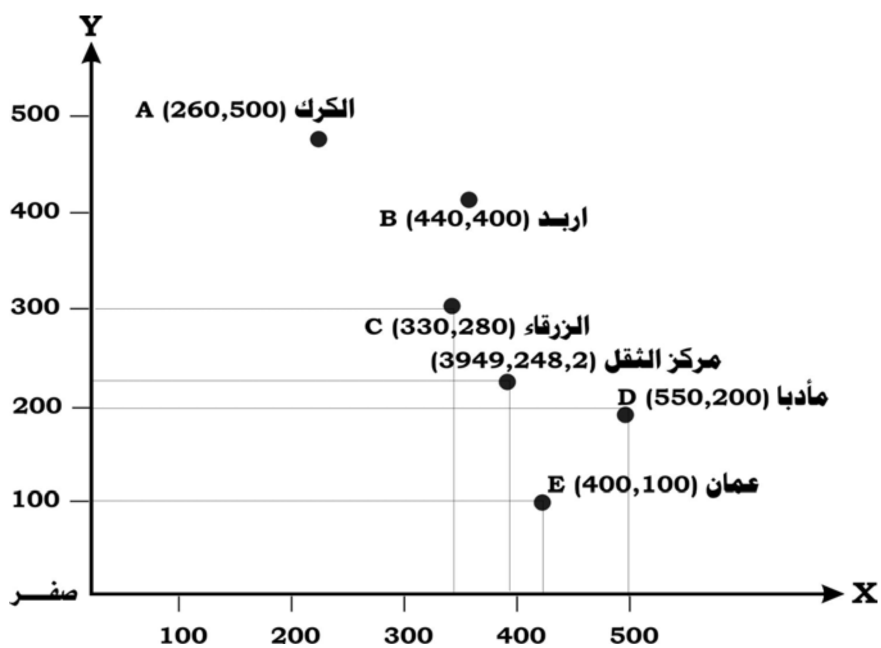
حيث أن:

X = Cx قيمة مركز النقل	X Coordinate of the Center of Gravity
Y = Cy قيمة مركز النقل	Y Coordinate of the Center of Gravity
X = dix	X Coordinate of Location
Y = diy	Y Coordinate of Location
Vi= حجم السلع المنقولة من أو إلى/موقع	Volume of goods moved to or from Location

مثال (5-3):

الجدول التالي يبيّن الطلب الشهري للمستودعات (مراكز بيع التجزئة) من مركز التصنيع الموجود في مدينة سحاب الصناعية:

عدد الحاويات المشحونة إلى المخازن شهرياً	موقع مخازن بيع التجزئة
3000	عمان (E)
1500	اربد B
2000	الزرقاء C
800	الكرك A
1000	مأدبا (D)



المطلوب: تحديد الموقع الأفضل

الحل:

$$C_x = \frac{(400\times300)+(440\times1500)+(330\times2000)+(260\times800)+(550\times1000)}{3000+150+2000+800+1000}$$

$$= \frac{3.278000}{8.300} = 3949$$

$$C_Y = \frac{(100\times3000)+(400\times1500)+(280\times2000)+(500\times800)+(200\times1000)}{3000+1500+2000+800+1000}$$

$$= \frac{2.060000}{8.300} = 2482$$

5.تقنية مسافة التحميل Lood - Distance Technique

تقوم هذه التقنية في اختيار الموقع الأفضل على العناصر الآتية:

1) الحمولات المنقولة من الموقع الجديد المطلوب اختياره إلى الأماكن المخصصة لها (مستودعات أسواق، ورشات ومصانع أخرى أو بالعكس).

2) المسافات المقطوعة التي تعبرها الحمولات أثناء انتقالها من الموقع الجديد إلى الأماكن المخصصة لها.

3) تكاليف النقل لوحدة (حمولة) واحدة في المسافة من الموقع الجديد إلى الأماكن المخصصة لها.

4) قيمة مسافة التحميل من الموقع الجديد إلى المواقع المخصصة لها.

وتحسب قيمة مسافة التحميل كما يلي:

$$LD=\sum_{i=1}^{n} Lidi$$

حيث أن :

Ldi = قيمة مسافة التحميل — The Lood - distance Value

= Li

di = المسافة بين الموقع المفترض والموقع i — The distance between the Proposed Site and Location

وتحسب المسافة بين الموقع المفترض والموقع i كما يلي:

$$d_i=\sqrt{(CXi-X)^2+(Yi-Y)^2}$$

حيث أن :

(X ,Y) = عوامل الموقع المفترض — Coordinates of Proposed Site

(X_i ,Y_i) = موقع التسهيلات الموجودة — Coordinates of existing Facility

تستخدم تقنية مسافة التحميل عند حساب قيمة مسافة التحميل لكل موقع تسهيلات ممكن. والتطبيق يقوم على اعتماد الكلفة الأقل في عمليات النقل.

مثال (5-4):

نعود إلى المثال السابق، وبفرض لدينا ثلاثة مواقع مفترضة، وهي التالية:

موقع (1): $X_1 = 260$, $y_1 = 200$

موقع (2): $X_2 = 330$, $y_2 = 300$

موقع (3): $X_3 = 400$, $y_3 = 200$

المطلوب: تحديد الموقع الأفضل.

الحل:

نضع بيانات المثال السابق في الجدول، وكما يلي:

A	B	C	D	E
$X_A = 260$	$X_B = 440$	$X_C = 330$	$X_D = 550$	$X_E = 400$
$Y_A = 500$	$Y_B = 400$	$Y_C = 280$	$Y_D = 200$	$Y_E = 100$
$V_A = 800$	$V_B = 1500$	$V_C = 2000$	$V_D = 1000$	$V_E = 3000$

الموقع (1):

$$d_A = \sqrt{(X_A - X_1)^2 + (Y_A - Y_1)^2}$$
$$= \sqrt{(260 - 260)^2 + (500 - 200)^2}$$
$$= 300$$

$$d_B = \sqrt{(X_B - X_1)^2 + (Y_B - Y_1)^2}$$
$$= \sqrt{(440 - 260)^2 + (400 - 200)^2}$$
$$= 269$$

$$d_C = \sqrt{(X_C - X_1)^2 + (Y_C - Y_1)^2}$$
$$= \sqrt{(330 - 260)^2 + (280 - 200)^2}$$
$$= 106.3$$

$$d_D = \sqrt{(X_D - X_1)^2 + (Y_D - Y_1)^2}$$
$$= \sqrt{(550 - 260)^2 + (200 - 200)^2}$$
$$= 290$$

$$d_E = \sqrt{(X_E - X_1)^2 + (Y_E - Y_1)^2}$$
$$= \sqrt{(400 - 260)^2 + (100 - 200)^2}$$
$$= 97.9$$

الموقع (2):

$d_A = 187$ $d_B = 148.6$ $d_C = 20$ $d_D = 241.6$ $d_E = 211$

الموقع (3):

$d_A = 296.5$ $d_B = 155.4$ $d_C = 76.1$ $d_D = 158.1$ $d_E = 150$

بعد ذلك نحسب مسافة التحميل لكل موقع مفترض باستخدام الصيغة التالية:

الموقع الأول:

$$LD_{(1)} = \sum_{i=1}^{D} Lidi$$
$$= (800 \times 300) + (1500 \times 269) + (2000 \times 104,3) + (1000 \times 290) + (3000 \times 97.9)$$
$$= 1.439.800$$

الموقع الثاني:

$$LD_{(2)} = (800 \times 187) + (1500 \times 148.6) + (2000 \times 20) + (1000 \times 241.6) + (3000 \times 211)$$
$$= 1.297.100$$

الموقع الثالث:

$$LD_{(3)} = (800 \times 28,65) + (1500 \times 76,1) + (2000 \times 158,1) + (1000 \times 158,1) + (3000 \times 150)$$
$$= 1.267.650$$

نلاحظ أن الموقع المفترض رقم (3) هو الأقل كلفة للنقل، وبالتالي يتم اختياره وهو قريب من مركز النقل الذي تم تحديده باستخدام طريقة مركز الثقل.

6. تحليل التعادل Break - Even Analysis

يساعد تحليل التعادل المدير في اتخاذ القرار حول اختيار الموقع المناسب لإقامة الوحدة الإنتاجية عندما تتوافر أمامه عدة بدائل متاحة (مواقع). وعندما يكون تقدير تكاليف تلك المواقع ممكن من خلال مجموعة عناصر التكاليف لكل موقع. وتستخدم هذه الطريقة عندما يكون حجم الإنتاج غير معروف بدقة.

تقوم هذه الطريقة على تحليل التكلفة – الحجم، ومقارنة بدائل المواقع المتاحة استناداً لعنصر التكلفة. والمراحل الأساسية لاستخدام تحليل التبادل هي التالية:

1- تحديد التكاليف المتغيرة، والتكاليف الثابتة لكل موقع.
2- نرسم خارطة للبدائل المحتملة، حيث تكون التكاليف على المحور العامودي والحجم على المحور الأفقي لكل بديل (نرسم خطوط التكلفة الإجمالية والتكاليف الثابتة لكل بديل).
3- نحدد مجال كل موقع من خلال التكلفة الأقل.
4- نقوم بحل نقاط التعادل لمعرفة حجم الإنتاج الذي يمثل نقاط التعادل ونختار الموقع الأقل كلفة للحجم المطلوب.

مثال (5-5):

توفرت لمدير العمليات الإنتاجية بيانات حول أربعة مواقع بديلة لإقامة مصنع جديد لإنتاج محركات السيارات. والبيانات حول التكاليف الثابتة السنوية (الأرض، الضرائب، التأمين، الأبنية والتجهيزات)، والتكاليف المتغيرة (العمل، المواد، النقل وتكاليف متغيرة أخرى) موضحة في الجدول التالي:

المواقع	التكاليف الثابتة (F) دينار/سنة	التكاليف المتغيرة بالوحدة (V) دينار/وحدة
أ	100.000	40
ب	200.000	24
جـ	310.000	16
د	400.000	20

المطلوب: حدد الموقع الأفضل بدلالة الكلفة الأقل، وباستخدام تحليل التعادل. علماً أن إدارة الشركة تتوقع أن يكون حجم المبيعات بين 15,000 – 25,000 وحدة سنوياً خلال عمرها الإنتاجي.

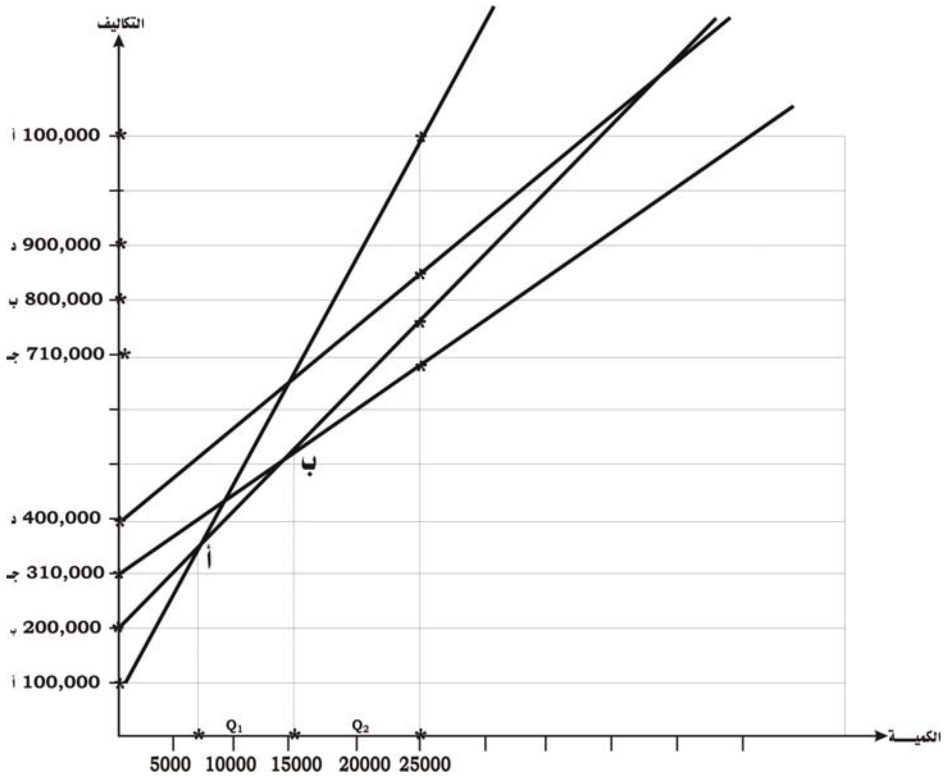
الحل:

نرسم منحنيات التكاليف لجميع المواقع المتاحة في رسم بياني واحد. ومن خلال الرسم يمكن معرفة مدى كل موقع بدلالة التكلفة الأقل. ويتم الرسم بتحديد إجمالي التكاليف لمستويي إنتاج: Q = 0 و Q = 25.000 وحدة/سنة.

عملياً التكاليف الإجمالية للمستوى Q = 0 هي التكاليف الثابتة. أما التكاليف الإجمالية للمستوى Q = 25,000 فيتم حسابها كما في الجدول التالي:

المواقع	التكاليف الثابتة F دينار/سنة (1)	التكاليف المتغيرة (25.000 × V) (2)		إجمالي التكاليف TC (2) + (1)
أ	100.000	= (25.000) 40	1000.000	11.00.000
ب	200.000	= (25.000) 24	60.0000	800.000
جـ	310.000	= (25.000) 16	400.000	710.000
د	400.000	= (25.000) 20	500.000	900.000

نرسم بيانات العامود (1) على محور التكاليف، ونحدد على الرسم البياني إحداثيات كل موقع بدلالة التكاليف الإجمالية، وعدد الوحدات المنتجة للمستوى الثاني.
مثلاً : أ (25,000 - 1,100,000)، و ب (25,000 - 800,000)....



نلاحظ أن الرسم يوضّح لنا المجال الأفضل لإقامة المصنع في كل موقع بدلالة التكاليف الإجمالية، ومستوى الإنتاج المفترض (25,000 وحدة/سنة).

وباستخدام تحليل التعادل في كل من نقطة التعادل (1) و (2) نستطيع تحديد Q في كلا النقطتين، وذلك كما يلي:

عند نقطة التعادل الأولى فإن تكاليف الموقع (أ) والموقع (ب) تكون متساوية وهي:

(ب) = (أ)

$$Q_1 24 + 200.000 = Q_1 40 + 100.000$$

$$100.000 - 200.000 = Q_1 24 - Q_1 40$$

$$100.000 = Q_1 16$$

6,250 وحدة $= Q_1$

أما نقطة التعادل بين (ب) و (جـ) فإنها تحدد الكمية Q التي تبيّن مدى أفضلية الموقع (ب)، و مدى أفضلية الموقع (جـ)، وهي:

(جـ) = (ب)

$$Q_2 16 + 310.000 = Q_2 24 + 200.000$$

$$200.000 - 310.000 = Q_2 16 - Q_2 40$$

$$110.000 = Q_2 8$$

13,750 وحدة $= Q_2$

ومن خلال معطيات الحل نلاحظ أن الموقع الأفضل هو الموقع جـ.

7.طريقة الدمج (العوامل الكمية والنوعية)

تستخدم هذه الطريقة في دراسة المواقع التي يتوافر فيها نوعين من العوامل، وهذه العوامل: العوامل الكمية ممثلة بالتكاليف الإجمالية (ثابتة ومتغيرة)، والعوامل النوعية الممثلة لبيئة المواقع المطروحة للمفاضلة.

في هذه الحالة يتم تحويل العوامل الكمية إلى نقاط، بحيث يؤخذ الموقع ذو التكاليف الإجمالية الأقل أساساً لقياس النقاط الكمية، وتكون نقاطه الأعلى أما والموقع ذو التكاليف الأعلى فإن نقاطه الكمية تكون صفر، وهذا يتطلب إعطاء نقطة واحدة لكل عدد من الدنانير، مثلاً: نقطة لكل 10 دنانير، أو نقطة لكل 100 دينار).

مثال (5-6):

تريد جمعية الهلال الأحمر إقامة مشفى جديد في مدينة عمان، ولديها ثلاثة مواقع مفترضة لذلك. وقامت إدارة الجمعية بدراسة المواقع الثلاثة المفترضة لتحديد عوامل كل موقع، وكانت نتيجة هذه الدراسة البيانات التالية:

أ) العوامل الكمية:

المواقع	أجور/نقل دينار/أسبوع	أجور عاملين دينار/أسبوع	تكاليف المواد دينار/أسبوع
أ	500	2800	2700
ب	800	3000	3500
جـ	700	4000	3000

ب) العوامل النوعية:

العوامل	الوزن النوعي	النقاط (من 100)		
	%	أ	ب	جـ
خدمات صحية	.30	70	70	35
مواقف سيارات	.20	80	20	70
ضرائب	.20	60	75	75
حدائق	.20	95	60	50
خدمات أخرى	.10	80	75	90
المجموع	1.00			

والإدارة تعطي (1) نقطة لكل (100) دينار وفر في التكاليف.

الحل

1- تحويل العوامل الكمية للمواقع إلى نقاط وذلك كما يلي:

أ- نحسب التكاليف الإجمالية لكل موقع.

ب- نقارن إجمالي التكاليف للمواقع الثلاثة مع أعلى تكلفة.

ت- نقسّم الفرق على 100 فنحصل على النقاط لكل موقع.

البيان	المواقــع		
	أ	ب	جـ
أجمالي التكاليف	6000	7,300	7,700
أعلى تكلفة	7,700	7,700	7,700
الفرق	1700	400	0
النقاط حسب المقياس	100	100	10
نتيجة القسمة	17	4	0

2-ساب نقاط العوامل النوعية وذلك كما يلي:

العوامـل	الـــوزن	مجموع النقاط (الوزن × قيمة العامل)		
		أ	ب	جـ
خدمات صحية	.30	21	21	10.5
مواقف سيارات	.20	16	6	14
ضرائب	.20	12	15	15
حدائق	.20	19	12	10
خدمات أخرى	.10	8	7.5	9
	1.00			
المجـموع		76	61,5	58,5

2- نجمع النقاط في (1) و(2)، ثم نختار الموقع ذي النقاط الأعلى:

العوامـل	المواقــع		
	أ	ب	جـ
الاقتصادية	17	4	0
النوعية	76	61.5	58.5
المجـموع	93	65.5	58.5

نلاحظ أن الموقع الأول (أ) هو الأفضل، لأن نقاطه هي الأعلى، وتبلغ (93) نقطة.

1) هل هناك اعتبارات وعوامل ومتغيرات يجب أن تؤخذ بالحسبان قبل اتخاذ قرار اختيار موقع التسهيلات؟ وضّح ذلك بالأمثلة مع بيان أهمية ذلك.
2) أيهما أكثر أهمية في اتخاذ قرار اختيار موقع التسهيلات، العوامل الكمية، أم العوامل النوعية؟ وضح ذلك.

مسألة (1):

المطلوب : اختيار الموقع المناسب للتسهيلات في ضوء البيانات الآتية:

العنصر (1)	الوزن النوعي (2)	النقاط من (100)			
		دمشق (3)	حماه (4)	حلب (5)	اللاذقية (6)
أجور عمال	.20	70	70	65	70
خدمات صحية	.20	70	65	70	70
نقل واتصالات	.20	40	60	50	65
ضرائب	.25	40	70	50	70
بيئة	.15	30	70	70	90
المجموع	**1.00**				

مسألة (2):

ترغب إدارة شركة النصر للصناعات الإلكترونية إقامة موقع جديد لأعمالها، وأمامها ثلاثة مواقع متاحة، وهي كما في الجدل الآتي:

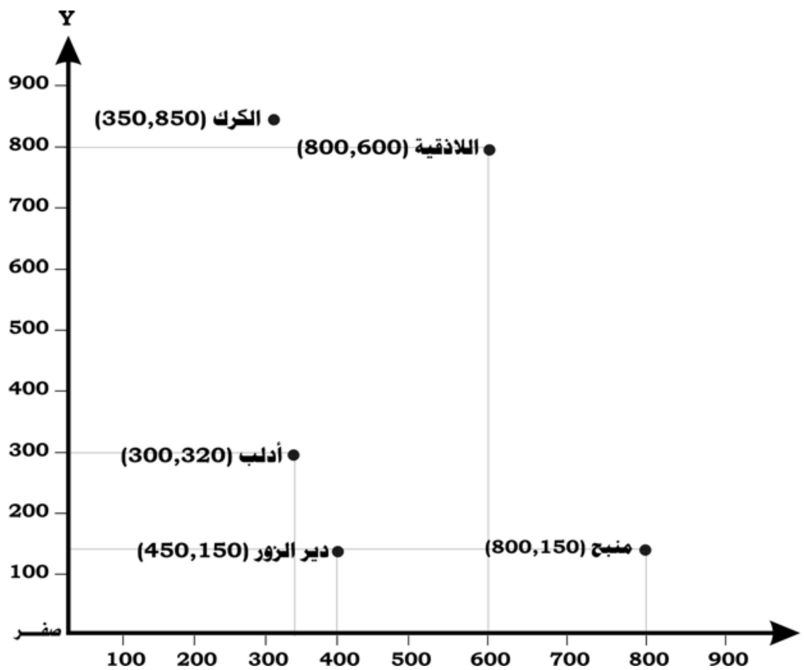
بنود التكاليف	الموقــع الحالــي	المواقع المرشحــة		
		الديماس	اللاذقية	حلب
أجور عمال	1,200.000	1.400.000	1.000.000	1.200.000
أجور نقل	600.000	800.000	600.000	700.000
ضرائب	600.000	400.000	400.000	500.000
خدمات مباشرة	800.000	400.000	800.000	600.000
أخرى	350.000	300.000	400.000	300.000

المطلوب: اختيار الموقع المناسب إذا علمت أن إدارة الشركة ترغب في تحقيق وفر (اقتصاد) في الموارد لا يقل عن 20% من خلال المبادلة بين المواقع.

مسألة (3):

المطلوب: اختيار الموقع المناسب في ضوء البيانات الموجودة في جدول النقل والممثلة كمية النقل (حمولة/مسافة) الشهرية بين المستودعات ومركز التصنيع لشركة الفرات لصناعة الجرارات في مدينة حلب.

موقــع مخــازن الإنتـاج	عدد الحاويات المشحونة إلى المخازن شهريــاً
A) دير الزور	8000
B) أدلب	6000
C) اللاذقية	8000
D) درعا	9000
F) حماه	3000



المطلوب: تحديد الموقع الأفضل.

مسألة (4):

أمام إدارة شركة تاميكوا لصناعة الأدوية بيانات حديثة حول ثلاثة مواقع متاحة لإقامة مصنع جديد لإنتاج اللقاحات والأمصال، والبيانات المتعلقة ببنود تكاليف تلك المواقع هي كما موضحة في الجدول الآتي:

المواقــع	التكاليف الثابتة ل.س/ سنة	التكاليف المتغيرة بالوحدة ل.س/ وحدة
الكسوة	3.000.000	170
الصبورة	600.000	90
قطنأ	400.000	120

المطلوب : اختيار الموقع المناسب باستخدام تحليل التعادل.

مسألة (5):

المطلوب: اختيار الموقع المناسب باستخدام طريقة دمج العوامل الكمية والنوعية، وذلك في ضوء البيانات المتوفرة من شركة الخيول العربية للإلكترونيات – مركزها دمشق – والمدونة بالجدول الآتي:

أ) العوامل الكمية :

المواقع	تكاليف نقل واتصالات ل.س/أسبوع	أجور العمال ل.س/أسبوع	تكاليف مواد ل.س/أسبوع
حسيا	50.000	500.000	500.000
حلب	50.000	600.000	600.000
عدرا	20.000	700.000	600.000

ب) العوامل النوعية:

العوامل	الوزن النوعي	النقاط (من 100)		
		حسيا	حلب	عدرا
خدمات ثقافية	.20	60	80	70
خدمات صحية	.20	60	80	90
خدمات فنية	.20	60	70	95
ضرائب	.20	90	30	50
أخرى	.20	70	30	50
المجموع	1.00			

علماً أن الإدارة تعطي (1) نقطة لكل (1000) ليرة سورية في التكاليف.

مراجع الفصل السادس

1) المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر، عمان، 2000.

2) عبود، نجم، إدارة العمليات، معهد الإدارة العامة، الرياض، 2001.

3) Chase, Richard B., and Nicolas J. Aquilano, production and operations Management , 7^{th} ed . McGraw Hill , New York, 1996.

4) Blackburn, Joseph. D. Time Based Competition,The Next Battle Groundin American Manufacturing. Homewood , IL: Richard D., Irwin, 1991.

5) Heskett, J.L. W. E. Sasser, Jr., and C.W.L Hart. Service Breakthroughs : Changing the Rules of the Game , New York Free Press, 1990.

6) Bachman, Timothy A. " Information and Advice : Innovations and Product Delivery for Financial Service , " Design Management Journal 3, no. 1 (Winter 1992) pp. 103-10.

7) Bitner, Mary Jo. " Servicescapes: The Impact of Physical Surroundings on Customers and Employees, " Journal of Marketing 56 (April 1992) , PP. 57-71.

8) Bonett, Douglas G., and Robert E.D. Woolsey, " Load-Distance Analysis with Variable Loods. " Production and Inventory Management Journal , 1st Quarter 1993, pp. 32-34.

9) Norman Gaither, Production and Operations Management , 6th ed., The Dryden Press, New York, 1995.

الفصل السابع

الترتيب الداخلي للتسهيلات

العناوين الرئيسة:

1- مفهوم الترتب الداخلي
2- أهمية الترتب الداخلي
3- عوامل الترتب الداخلي

طبيعة العملية الإنتاجية، المنتج، خطة المناولة، الأفراد، حجم أو معدل الإنتاج، الجودة، طبيعة العمليات الصناعية، نمط الإنتاج

4- الصيغ الأساسية الترتيب الداخلي:

4-1 الترتيب على أساس العمليات

4-2 الترتيب على أساس المنتج

4-3 تكنولوجيا المجاميع GT

4-4 الترتيب الداخلي للمخازن

5- مناولة المواد:

5-1 مفهوم المناولة

5-2 عوامل المناولة

5-3 مبادئ أساسية في المناولة

5-4 أنواع وسائل المناولة

5-5 شروط اختيار وسائل المناولة

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

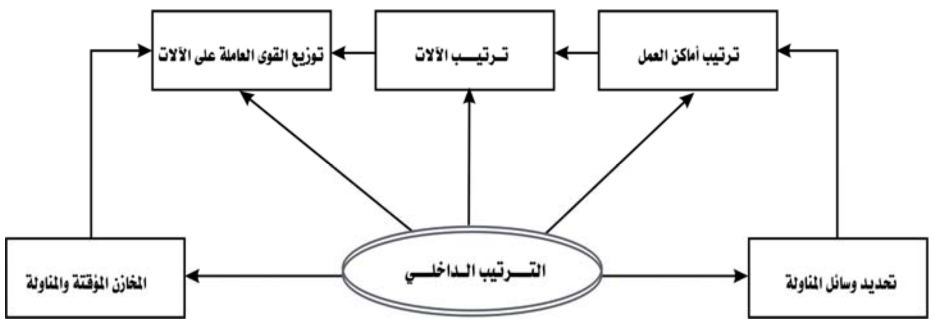
1. شرح مفهـوم الترتيـب الـداخلي وأهميتـه النسـبية للمنظمـة وعملهـا مستقبلاً.
2. عرض أهـم العوامـل التـي يجـب أن تؤخـذ بالحسـبان في حالـة إعـداد الترتيب الداخلي للمنظمة.
3. شرح الصيغ الأساسية للترتيب الداخلي وبيان ميزات وعيوب كل صـيغة، وحالات استخدام كل منها بكفاية.
4. بيان أهمية المناولة في الترتيب الـداخلي، وشرح أهـم مبادئهـا وأنواعهـا وشروطها.

الفصل السابع
الترتيب الداخلي للتسهيلات

1. مفهوم الترتيب الداخلي

تعريف: يقصد بالترتيب (التخطيط) الداخلي إعداد خطة، يمكن من خلالها الحصول على افضل تنظيم للتسهيلات المادية والقوى العاملة، من أجل تصنيع منتج معين أو تشكيلة من المنتجات[1].

ويشمل الترتيب الداخلي للمصنع أيضا الاختيار المناسب لأنظمة مناولة المواد، والمساحات المتعلقة بأماكن الشحن والتفريغ والفحص والنقل الخارجي ومخازن المواد الأولية ومخازن البضاعة تامة الصنع, وعمليات التعبئة والتغليف وعمليات الرقابة على النوعية، ومواقع الخدمات ووسائل الراحة والمكاتب الإدارية. أنظر الشكل (6-1).



شكل (6-1) عناصر الترتيب الداخلي

تبدأ عملية الترتيب الداخلي بتحليل النشاطات التي ينطوي عليها العمل والأهداف المبتغاة والمرافق الضرورية لتحقيقها، علما أن الترتيب الداخلي في مجال التصنيع يهدف بشكل أساسي إلى تأمين تدفق المواد والقطع قيد التصنيع ومجرى سلسل للعمليات، أي تسهيل عمليات الإنتاج داخل المصنع بينما الهدف

[1] التميمي، حسين عبدالله، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحكومة اليمانية، صنعاء، 1994، ص 680.

الأساسي للترتيب في المشاريع التجارية يكون توجيه حركة الزبائن للحصول على أكبر كمية ممكنة من المبيعات والخدمات.

أهداف الترتيب الداخلي:

يهدف الترتيب الداخلي إلى تحقيق ما يلي:

أ- الترتيب المنطقي والمثالي للآلات وأماكن العمل وتدفق المواد والقطع قيد الصنع، بما ينسجم مع مراحل سير الإنتاج في التصنيع ورغبات الزبائن الشرائية في التجارة والخدمات.

ب- الحد الأقصى من استخدام الإنارة والتهوية والتدفئة بهدف الاستغلال الكامل للظروف الطبيعية الناشئة عن إقامة البناء، وذلك من خلال الاستخدام الفعّال للنوافذ والأبواب وفتحات التهوية والمناور.

ج- الحد الأقصى من التسهيلات الداخلية والخارجية بما يخدم الإدارة والعاملين والزبائن.

د- الحد الأقصى من الكفاية في استخدام الآلات والتجهيزات والمعدات.

وعموماً إن أهداف الترتيب الداخلي واحدة في جميع المنظمات بالرغم من اختلاف مجال النشاط الذي تمارسه تلك المنظمات، وذلك بسبب وجود العناصر التالية بصورة دائمة:

1-العمال والزبائن والإدارة (أي العنصر البشري).

2-المعدات والآلات أو التجهيزات (أي العنصر التقني).

3-السلع والمواد والبضاعة واللوازم (أي العنصر المادي).

4-البناء وتجهيزاته (النوافذ والأبواب والإدراج وما شابه ذلك).

أن الأهمية النسبية لكلٍ من هذه العوامل تختلف باختلاف طبيعة نشاط المنظمة.

2. أهمية الترتيب الداخلي

إن الترتيب الداخلي للمصنع يعد مـن الأمـور الهامـة في تنظـيم الإنتـاج. فهـو يحـدد الكيفية التي يتم بها ترتيب الآلات داخل الأقسام، وترتيب الأقسام داخل المصـنع. أي تحديـد مواقع الآلات، وأماكن العمل، وأقسام الإنتاج، ومناطق الخدمة، ومحطات الاسـتلام والشـحن، ومراكز الصيانة والتخزين وما إلى ذلك.

ويقترن الترتيب الداخلي الجيد للمصنع بالإنتاجية العالية، لأنه يوفر للمصنع مجـرى سلسلا وسهلا للمواد والقطع قيد الصنع، وذلك من خلال تخطيط مسالك المواد والقطـع قيـد الصنع حتى تصبح سلعة تامة الصنع، وكذلك مسالك إنتاج كل جزء من الأجـزاء التـي يتكـوّن منها المنتج، وكـل عمليـة مـن العمليـات الصـناعية operations التـي تتكـون منهـا العمليـة الإنتاجية لتحقيق أحسن نتائج اقتصادية ممكنة.

ويمكن أن تظهر أهمية الترتيب الداخلي للمصنع من خلال تحقيقه للأهداف التالية:

أ- **تكلفة نقل ومناولـة المـواد:** الواقـع أن هنـاك تـرابط كبـير بـين الترتيـب الـداخلي للمصنع وتكلفة نقل ومناولة المواد . فالترتيب السيئ يزيد تكاليف نقل ومناولة المـواد، بيـنما الترتيب الجيد يخفف تكاليف نقل ومناولة المواد، لأنه يخفف الحاجـة لنقـل ومناولـة المـواد. وطالما أن خط سير المواد يحدد الهيكل الرئيسي لأي عملية إنتاجية، فإنه يجب تخطيطه بدقة حتى يكون أقصر ما يمكن، وبالتالي يتم انتقال المواد بأقصر وقت ممكن وأقل تكلفة.

ب- **الازدحام والتأخير:** مـن المعـروف أنـه في حالـة عـدم تـرك مسـافات كافيـة بـين الأقسام المختلفة، فإن ذلك سيؤدي إلى حصول بعض الاختناقات والتأخير في تـدفق المـواد بـين الأقسام، وبالتالي بذل وقت أطول من قبل العـاملين، وهـذا طبعـا في حالـة الترتيـب الـداخلي الرديء. لذلك فإن أحد أهداف الترتيب الداخلي الجيد يجـب ان ينصـب عـلى تقليـل حـالات الازدحام والتأخير.

ج- الاستفادة القصوى من تسهيلات المساحة والعمل المتاح: تظهر أهمية التخطيط الداخلي للمصنع من خلال تحقيق الاستغلال الأمثل للمساحات المتاحة، وكذلك إمكانية الاستفادة القصوى من التسهيلات الخدمية. مثل، خدمات الصيانة. كما أن الترتيب الداخلي الجيد يوفر الجهد المبذول من قبل العاملين في الأقسام الإنتاجية والخدمية، وكذلك في الإشراف. وهذا يقود بالتأكيد إلى الاستغلال الأفضل للقوى العاملة في المنظمة الصناعية.

3. عوامل الترتيب الداخلي

يتأثر قرار اختيار الترتيب الداخلي للمصنع بعدة عوامل منها ما يلي:

3-1- طبيعة العملية الإنتاجية أو الصيغ الأساسية للتكنولوجيا:

تعرف التكنولوجيا بأنها مجموعة الطرائق والأساليب التقانية العلمية المستخدمة في الصناعة، والمرتبطة بصيغ تنظيم الإنتاج مباشرة. وتعد التكنولوجيا أداة هامة لخلق وضمان فاعلية عناصر الإنتاج، وذلك باعتمادها أكثر الطرائق عقلانية لإنجاز الشروط المثالية لعمل القوى العاملة، وزيادة الكفاية في مرحلة تنفيذ الإنتاج . واستنادا للصيغ الأساسية للتكنولوجيا تصنف عمليات الإنتاج على الشكل التالي :

- **العملية الاستخراجية extractive:** في العملية الاستخراجية يتم عزل واستخراج مادة معينة من بين مجموعة من المواد وجدت معها في الطبيعة، سواء في باطن الأرض أم على ظهرها. من أمثلة ذلك عملية الحصول على الحديد الخام من المناجم، وعملية الحصول على الملح والفحم. وغالبا ما يكون مكان العمل هو المنجم، أو الحقل. ويتم ترتيب الآلات، وتوضّع أماكن العمل حسب حجم المنجم وغزارة إنتاجه.
- **العملية التحليلية analytical :** في العملية التحليلية يتم تحليل المادة الأولية إلى عناصر مختلفة، لها طابعها الخاص. مثل: صناعة النفط، حيث يحوّل

البـترول الخـام إلى بنـزين، وكـاز ومـازوت، وغيرها. ويتم ترتيب الآلات وأماكن العمـل في هـذه الحالـة بشـكل رئيسي حسـب العمليـة التحليلية.

- **العملية المزجية**: في العملية المزجية يتم مزج مادتين أوليتين أو أكثر للحصول على مادة أو سلعة، لها خواص واستخدامات متميزة عن مواد الصنع الأولية، وذلـك مثـل صـناعة الدهانات والصابون.
- **العملية التجميعيةsynthetic:** تعد العملية التجميعية أرقى أنواع العمليات من حيث المنتج الذي ينتج عنها، حيـث تتميـز بتجميـع أجـزاء أجريـت عليهـا عمليـات إنتاجيـة سابقة، ويكون الناتج سلعة متميزة في خصائصها واستعمالاتها عن تلـك الأجـزاء. مثـل، عملية تجميع السيارات، والدرجات وأجهزة الراديو، والتلفاز وغيرها.
- **عمليـة التشـكيل والتكييـف:** تتضـمن هـذه العمليـة أجـراء التبـديل في الشـكل أو الخصائص المادية، مثـل، الخراطـة، والجلـخ، والصـقل، وإجـراء آخـر عـلى أسـاس نـوع السلعة، مثل، قضبان معدنية، وصفائح معدنيـة، وأنابيـب ذات اسـتعمالات وقياسـات مختلفة معالجة الأخشاب.
- **عمليات النقـل:** تهـدف عمليـات النقـل إلى تغيـير مكـان ومواقـع المـواد وموضـوعات العمل. نشير إلى أنـه مـع تعـدد أنـواع العمليـات الإنتاجيـة، إلا انـه غالبـا مـا يتضـمن التصـنيع مزيجـا مـن هـذه العمليـات الإنتاجيـة المـذكورة أعـلاه. مـثلا، صـناعة الآلات تتضمن عمليا التشكيل، والتكييف ثم عمليات التجمع. وكذلك صناعة الـنفط تتضـمن عمليات استخراجه، وعمليات تحليله الى عنـاصر متعـددة، وعمليـات نقلـه، وتوزيعـه وتخزينه.

3-2- المنتج

يؤثر نوع المنتج على الترتيب الداخلي للمصنع بعدة طرائق. فالعملية الإنتاجية تكون أكثر اقتصادية في حالة تكييف الأفراد والآلات لمتطلبات تصنيع المنتج، لأنه

في ضوء ذلك يتم تحديد العدد المطلوب مـن القـوى العاملـة بشـكل دقيـق. وكـذلك الحـال بالنسبة لحاجة الشركة إلى الآلات الـذي يحـدد في ضـوء احتياجـات عمليـة التصـنيع، في حـين تكون الحالة بالعكس في حالة تكييف عمليات التصنيع لتتماشى مع متطلبات الأفراد والآلات.

المنتجات الصغيرة والخفيفة الحجم يمكـن أن تنقـل، وبـذلك فـإن اهتمامـا أكـبر يمكـن أن يعطى لموقع الآلات وأسلوب مناولة المواد، في حين أن بعض المنتجات قد يحتـاج تصـنيعها إلى بناية ذات مواصفات معينة (بناية من طوابق، مثلا: مثل إنتاج الأسـمنت، وطحـن الحبـوب)، لكي يمكن الاستفادة من خاصة جاذبية الأرض في نقلهـا، وهـذا لـه تـأثير واضـح عـلى الترتيـب الداخلي للمصنع.

3-3- خطة مناولة المواد:

بصرف النظـر عـن نـوع العمليـة الإنتاجيـة فـإن الترتيـب الـداخلي للمصـنع هـو وسـيلة للحصول على مجرى سلسل لتدفق المواد. وفي ضوء مناولة المواد يتم تكييف الترتيب الـداخلي للمصنع. وعلى هذا الأساس يتم ربط الترتيب الداخلي للمصنع مع خطـة التصـنيع. وبموجـب ذلك يتم تحديد مواصفات المعدات المطلوبة لمناولة المواد. كذلك فإنه بموجـب خطـة مناولـة المواد يـتم تحديـد المسـاحات المطلوبـة وموقعهـا في المصـنع لمخـازن البضـاعة تامـة الصـنع، والبضاعة قيد الصنع في كل الأماكن المركزية المخصصة للتخزين وفي محطات العمل.

3-4- الأفـراد

عند إعداد الترتيب الداخلي للمصنع يجب أن يؤخـذ بالحسـبان متطلبـات تـوفير الأمـان، ووسائل الراحة للأفراد. فإذا كانت هناك عملية إنتاج معينـة تـؤثر عـلى راحـة الأفـراد بشـكل سلبي (كالغبار، والضوضاء، والحرارة، والغازات) يجب أن تعـزل وتـدرس بشـكل دقيـق أثنـاء إجراء الترتيب الداخلي للمصنع.

3-5- حجم أو معدل الإنتاج

يعد حجم أو معدل الإنتاج الأساس لإعداد خطط التصنيع، وينعكس هذا مباشرة على اختيار الترتيب الداخلي للمصنع من خلال حجم العمليات المطلوبة لإنتاج كمية من منتج ما، أو تشكيلة سلعية واسعة. وطبعا هذا يؤثر مباشرة على عدد الأقسام، وخطوط الإنتاج المطلوبة.

3-6- الجودة

تحتاج بعض السلع العالية الجودة إلى ظروف إنتاج خاصة، كأن تكون صالات الإنتاج المختصة بإنتاج هذا النوع من السلع عازلة للصوت، أو مبرّدة وخالية من الغبار أو جافة...الخ، مما يؤثر بشكل مباشر على الترتيب الداخلي للمصنع.

3-7- طبيعة العمليات الصناعية وتسلسل مراحلها التكنولوجية

فمثلا في صناعة الأسمنت أو تكرير النفط تكون الآلات مرتبة بالتسلسل (خط الإنتاج على أساس العملية)، أما في صناعة الأثاث المنزلي والصناعات التجميعية فإن الترتيب المتبع هو أقسام متخصصة حسب العمليات.

3-8- نمط الإنتاج

يتأثر الترتيب الداخلي بنمط الإنتاج المتبع:

- ففي التصنيع المتقطع يتم إنتاج السلع حسب المواصفات التي يطلبها الزبون (مصنع الأعمال تحت الطلب). وبما أن السلعة في هذا المجال من التصنيع ليست موحدة المواصفات والمقاييس، فلا يمكن الاحتفاظ بمخزون منها.
- أما في حالة التصنيع المستمر فإنه يتم إنتاج سلعة واحدة أو عدة سلع موحدة، وبصورة مستمرة، وحسب مواصفات الشركة المصنعة، وذلك لمواجهة الطلب المتوقع على المبيعات. ويتم الإنتاج بخطوط إنتاج مختلفة في حالة كان

الإنتـاج أكـثر مـن سـلعة واحـدة. وتعـرف المشـاريع التـي تطبـق هـذا النـوع بمشـاريع الإنتـاج الكبـير أو الإنتـاج بالجملـة (الإنتـاج الواسع).

- أمـا التصنيع المتكرر فهو يقع بين التصنيع المستمر والتصنيع المتقطـع. وفي هذا النمط يتم إنتاج تشكيلة واسعة من السلع لكن ليس بشـكل مسـتمر، حيـث ينـتج نـوع مـن السلعة لفترة محددة وبكمية معينة، ثم يتوقف إنتاجه، ويعد الخط من جديد لإنتـاج منتج أخر، وهكذا دواليك (مثال: صناعة السلع المتنوعـة)، ثـم نعـود إلى إنتـاج نفـس التشكيلة من جديد وفق ترتيب محدد مسبقاً.

ونتيجة الاختلافـات بـين أنـواع التصـنيع ومتطلبـات كـل نـوع، فإنـه يتوجـب تصـميم الترتيب الداخلي للمشروع الصـناعي بمـا ينسـجم مـع متطلبـات عمليـات التصـنيع ونوعهـا، تحقيقاً لشروط وطبيعة عملية الإنتاج، ووصولاً للكفاية.

4. الصيغ الأساسية للترتيب الداخلي

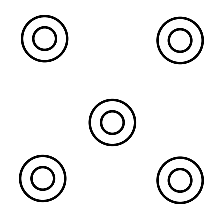
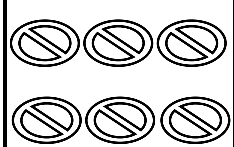
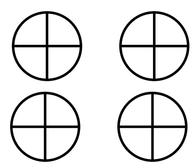
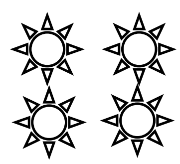
بعد أن يتم دراسة العوامل التي تؤثر عـلى الترتيـب الـداخلي للمصـنع مـن قبـل الإدارة، تقـوم الإدارة باختيـار صيغة الترتيب المناسبة للآلات وأماكن العمل (مبـدأ الصـنع). أي وضـع الآلات، وأماكن العمل، والعمال في نظام إنتاجي محدد.

وهناك صيغتين أساسيين من الترتيب الداخلي للمصنع، هما:

4-1- الترتيب الداخلي على أساس العمليات Layout by Process

يتم توضّع (ترتيب) الآلات وأماكن العمل في المصنع حسب طبيعة عملها، بحيث يخصـص لكل نوع من الآلات وأماكن العمل قسم مستقل بذاته. فتجمع الآلات والعمليـات المتشـابهة تكنولوجياً في قسم واحد داخل المصنع، وتدخل المادة الأولية إلى كل قسم بشكل مجرى (خط سير) متقطع للقيام بالعملية الخاصة عليها بذلك القسم. مثلا، في صناعة تشكيل المعادن، يتم تخصيص مساحة مستقلة لكل من

العمليات الخاصة بالتثقيب (قسم التثقيب) والعمليات الخاصة بالقطع (قسم القطع)، والعمليات الخاصة بالصقل (قسم الصقل)، والعمليات الخاصة بالتركيب (قسم التركيب). والشكل (6-5) يوضح ذلك.

مستودع المواد والقطع (أ)	**مستودع المواد والقطع (ب)**	**مستودع المواد القطع(ج)**	**مستودع المواد والقطاع (د)**
↓	↓	↓	↓
قسم (أ) التنقيب	**قسم (ب) البرادة**	**قسم (ج) الشطف**	**قسم (د) الصقل**
			
↓	↓	↓	↓
مستودع السلع النهائية(أ)	**مستودع السلع النهائية (ب)**	**مستودع السلع النهائية (ج)**	**مستودع السلع النهائية (د)**

شكل (6-2) ترتيب مصنع حسب العمليات (أقسام متخصصة)

تتصف هذه الصيغة من الترتيب بالمزايا والعيوب التالية:

المزايا	العيوب
الاستفادة من تطبيق مبدأ التخصص، حيث أن تخصص كل قسم بنوع واحد من العمليات الصناعية يؤدي إلى اكتساب الأفراد مهارة كبيرة في تشغيل وضبط الآلات التي يعملون عليها في قسمهم، ويؤدي إلى اكتساب رؤوساء الورش في كل قسم مهارة كبيرة في الرقابة والتفتيش على عمل الأفراد في القسم.	بطء انتقال المواد الخام (القطع قيد الصنع) من قسم إلى أخر، مما يؤدي إلى زيادة وقت دورة الإنتاج وارتفاع تكاليف المناولة، لأن عملية نقل ومناولة المواد تستلزم ساحات واسعة والمسافات بين العمليات تكون أحيانا كثيرة وطويلة، وخاصة في حالة كانت المواد كبيرة وثقيلة الوزن.
توفير قدر كبير من المرونة للإحاطة بمعظم التغيرات التي تدخل على السلعة، من حيث العدد، والنوعية الناتجة عن الطموحات في الطلب عليها. فمثلا، إذا حدث تغير في الطلبية فإن تنظيم الأقسام وترتيبها الداخلي يبقى على حاله، أو يحتاج إلى تغيرات وتعديلات طفيفة كي يصبح جاهزا للعمل.	تستلزم الاحتفاظ بمخزون كبير من المواد الأولية والمواد تامة الصنع بسبب تضارب واختلاف في مواعيد الطلبات، مما يؤدي إلي ارتفاع تكاليف التخزين.
عدم الحاجة إلى إيقاف كامل آلات القسم أو المصنع في حالة أجراء صيانة لآلة ما أو بسبب التوقف الطارئ لها.	صعوبة الرقابة على الإنتاج، بسبب تعدد الأقسام والاختصاصات التي تمر بها السلعة.
السماح باستغلال الطاقة المتاحة للآلة ومكان العمل والعامل في حدودها القصوى.	ظهور تأخير بين العمليات، لأن أي كمية من المنتجات تحت الصنع لا تتحرك إلى العملية التالية حتى يكون العمل على كامل الكمية قد انهي في المحطة السابقة.
- توفير الجو الخاص لكل عملية صناعية، بشكل يكفل أحسن أداء والاستفادة القصوى من الإمكانيات المتاحة. فمثلاً تتطلب صناعة الأجزاء الدقيقة للآلة الكاتبة إضاءة قوية وجو من الهدوء في القسم، بينما يتطلب العمل في صالات الغزل وجود أجهزة لشفط الغبار باستمرار.	- صعوبة تحقيق التناسق بين الأقسام المختلفة بسبب الاستقلالية في الأعمال.

ويستخدم الترتيب حسب العملية في الحالات التالية:

1- إنتـاج منـتج يحـدد مواصـفاته الخاصـة الزبـون، كـما في صـناعة سـيارات السـباق واليخوت...الخ.
2- إنتاج عدد كبير من المنتجات ذات الموديلات المختلفـة بكميـات صـغيرة، كـما في صـناعة الأثاث المنزلي.
3- صعوبة تطبيق دراسة الحركة والوقت لتحديد معدل الإنتاج وتصميم العمل.
4- صـعوبة تحقيـق تـوازن الطاقـات الإنتاجيـة لـلآلات المختلفـة المسـتخدمة في العمليـة الإنتاجية.
5- إذا تطلب الأمر ضرورة التفتيش الدقيق على المواد بين العمليات الصناعية المختلفة .
6- إذا تطلبت العملية الإنتاجية تشـغيل آلات ثقيلـة الـوزن، كتلـك التـي يتطلـب تشـغيلها ظروف عمل خاصـة يجعـل عزلهـا في أقسـام خاصـة تتـوفر فيهـا هـذه الظـروف أمـراً ضرورياً، كما هو الحال في مخابر التصوير، أو الآلات التي تصدر أصـواتا ضـارة بالسـمع والأعصاب.

2-4-الترتيب الداخلي على أساس المنتج Layout by Product

وفق هذه الصيغة يتم ترتيب الآلات وأماكن العمل حسـب متطلبـات تصـنيع المنـتج وفي نفس الترتيب المثالي الذي يتطلبه بالقسم الواحد (أي يتم ترتيب الآلات وأماكن العمل حسب التسلسل التكنولوجي لخطوات العمل اللازمة لإنتاج المنتج المطلوب).

يطلق على هذه الصيغة أحيانا الترتيب على أساس خط الإنتاج، حيث تتحرك المواد الأولية من بداية الخط (أول مكان عمل)إلى أخر الخط (أخر مكان عمل) بشـكل متسلسـل مـن آلـة إلى أخرى حتى إتمام عملية الصنع بالكامل. وهذا الترتيب يكون مخصص لإنتاج سلعة واحدة، أو جزء واحدا، أو مجموعة أجزاء متشابهة

إلى حد كبير. وتعد هذه الصيغة فعّالة لكل أساليب الأتمتة ذات البرامج المحددة، وتناسب إنتاج السلع الاستهلاكية ذات الطلب المستمر والمستقر نسبيا.

وحسب هذه الصيغة من الترتيب فإن القطع قيد الصنع تمر على عمليات صناعية (في أماكن العمل ومراكز الإنتاج) متسلسلة. وتكون كل عملية مكملة للعملية السابقة لها. وهذا يعني أن العمليات متتابعة منطقيا، ولا حاجة لمرور السلعة بالمحطات الإنتاجية السابقة مرة أخرى. كما أن خط سير المواد والقطع قيد الصنع قد لا يكون على هيئة خط مستقيم، وإنما يشترط في الانسياب والتسلسل أن يكون بصورة منظمة كما في الشكل (6-3) والشكل (6-4).

مستودع المواد والقطع	**الأقسام**	**تسلسل العمليات**				**مستودع السلع المنتهية**
		محطة 1	**محطة 2**	**محطة 3**	**محطة 4**	
	قسم أ	آلة للخراطة	آلة للبرادة	آلة للشطف	آلة للصقل	
	قسم ب	آلة للخراطة	آلة للبرادة	آلة للشطف	آلة للصقل	
	قسم ج	آلة للخراطة	آلة للبرادة	آلة للشطف	آلة للصقل	
	قسم د	آلة للخراطة	آلة للبرادة	آلة للشطف	آلة للصقل	
اتجاه المواد	⟸	⟸	⟸	⟸	⟸	⟸

شكل (6-3) الترتيب حسب السلعة لمصنع تعدين

تتصف هذه الصيغة من الترتيب بالمزايا والعيوب التالية:

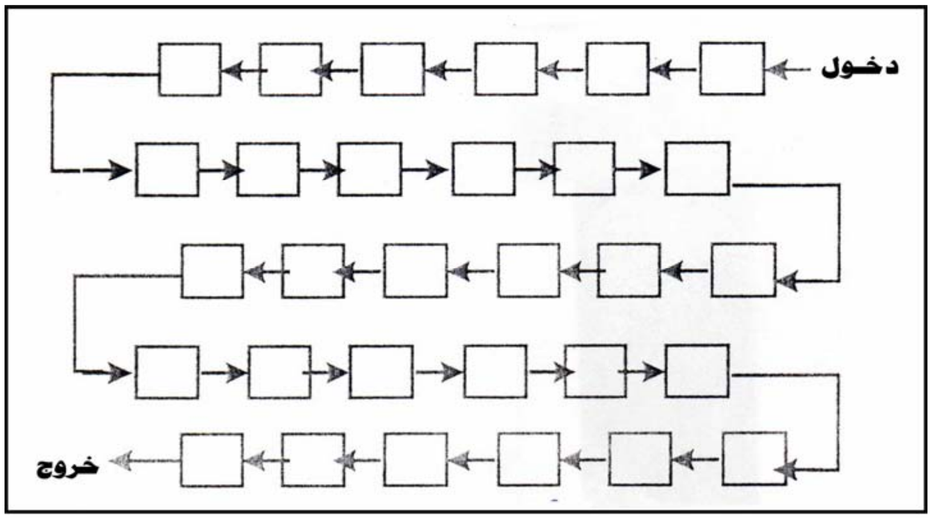
المزايا	العيوب
تقليل مناولة المواد إلى أدنى حد ممكن، مما يؤدي إلى انخفاض تكاليف نقل ومناولة المواد، حيث يتم نقل المادة من عملية صناعية إلى أخرى على سير متحرك أو أي جهاز آلي.	انخفاض المرونة تجاه التبدلات والتغيرات الجوهرية في تصميم السلعة، أو في كميتها من حيث الزيادة. حيث تكون الآلات قد وضعت ورتبت بشكل متتالي على أساس كمية معينة وبنوعية معينة.
تخفيض المخزون قيد الصنع والمؤقت إلى أدنى حد ممكن، وبذلك يتم توفير مساحات أرضية كثيرة، وتوفير في التكاليف.	وجوب إيقاف خط الإنتاج بالكامل عند صيانة أي جزء منه أو تعطله (عدم المرونة).
انخفاض دورة الإنتاج، وارتفاع سرعة دوران المواد قيد الصنع، وبالتالي توفير التكاليف.	لا يسمح هذا النوع بدرجة عالية من التخصص الوظيفي سواء للعمال، أو لرؤساء الورش.
تسهيل عملية الرقابة التلقائية على الإنتاج بالكامل، لأن المواد والقطع تسير في خط واحد وضمن قسم واحد، وتخرج منتج نهائي منمط في نهاية الخط. كما تحقق التوازن والتنسيق بين العمليات الإنتاجية، بحيث لا يكون هناك ضغط كبير في عملية ما، وتوقف العمل أو انخفاضه في عملية أخرى.	استعمال التجهيزات بطاقة منخفضة نسبيا عن طاقتها القصوى، بسبب ضرورة تخطيط العمل وفقا لأضعف عنصر في تجهيزاته (نقطة الاختناق في الخط).

يتطلب إعداد الترتيب الداخلي للمصنع على أساس السلعة تخطيطا على درجة عالية مـن الدقة، لهذا يجب اختيار التجهيزات والآلات المسـاعدة بعنايـة فائقـة لتـؤمن معـدل التـدفق المطلوب. وفي بعض الحالات تتطلـب أهميـة السـلعة وجـود مجـرى مشـابه للمجـرى لـلأول (احتياطي) بين العمليات الأساسية لضمان عدم توقف كامل الخط عند حدوث أعطال طارئـة في جزء منه، وفي أحيان أخرى قد يتطلب وجود تجهيزات بديلة جـاهزة للعمـل لسـد الـنقص المحتمل. وهذا يرتب على المنظمة تكـاليف إضـافية ناتجـة عـن الاسـتثمار الزائـد في الأصـول الثابتة (الآلات).

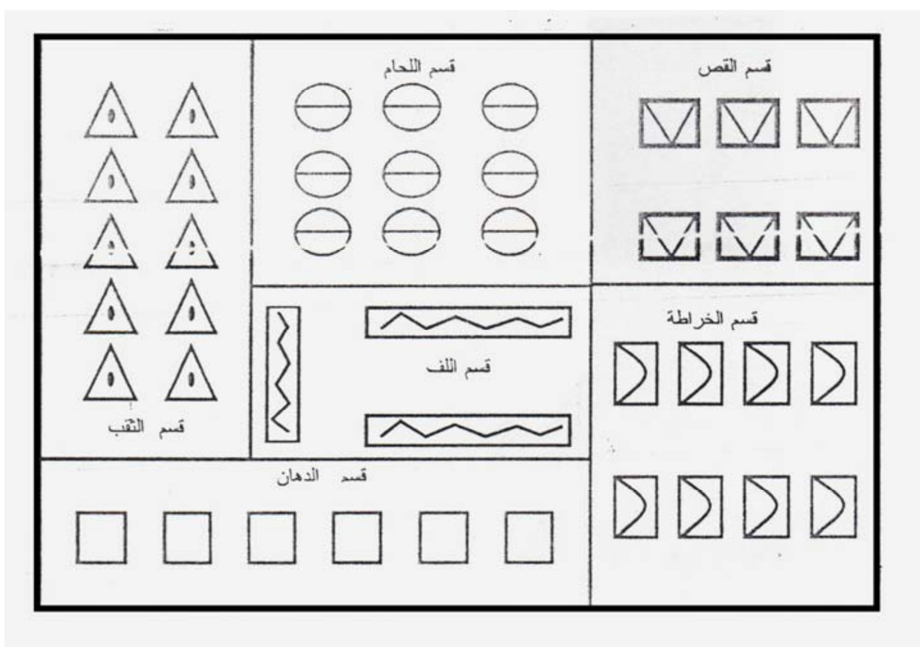
يستخدم الترتيب الداخلي للمصنع على أساس السلعة في الحالات التالية:

- عندما يكون الإنتاج منتج واحد أو عدة منتجات نمطية.
- الإنتـاج بكميـات كبـيرة مـن الموديـل الواحـد، كـما في صـناعة السـيارات والثلاجـات الكهربائية.
- إمكانية دراسة الحركة والوقت لتحديد معدل الإنتاج.
- تحقيق التوازن بين الطاقات الإنتاجية للآلات المختلفة.
- إذا كانت العملية الإنتاجيـة لا تتطلـب تشـغيل آلات ثقيلـة الـوزن، كـما لا يتطلـب تشغيلها ظروف عمل خاصة.
- إذا كان الأمر لا يتطلب تفتيش دقيق على المواد بين العمليات الصناعية المختلفة.

الشكل (6-5) تصميم المنتج



الشكل (6-6) تصميم حسب العملية



4-3- تكنولوجيا المجاميع GT

4-3-1 مفهوم (GT)

تعد تكنولوجيا المجاميع فلسفة أو مبدأ لتصنيع الأجزاء على شكل مجاميع، أو عوامل منتجات. ويستخدم هذا المصطلح في أدبيات إدارة الإنتاج والعمليات في سياق عملية الترتيب الداخلي للمصنع باعتباره بعداً آخر لترتيب المصنع على شكل صيغة ترتيب خلوي. كما وتشير تكنولوجيا المجاميع إلى الآتي:

1- مفهوم فعّال لتطوير الترتيب الداخلي، وذلك بجمع مزايا كل من الترتيب حسب المنتوج والترتيب حسب العملية.
2- طريقة تعتمد على نظام تصنيف وترميز للأجزاء من أجل التوصل إلى تحديد عائلة أجزاء أو منتجات، تكون متشابهة في خصائص التصميم والتصنيع (من حيث التصميم الهندسي، أو نوع الآلات المطلوبة لإنتاجها أو تعاقب العمليات.... الخ)، لكي يكون ممكناً إنتاجها من خلال خلية إنتاج مخصصة لها، أو خط إنتاجي مصغّر يدعى خط تدفق تكنولوجيا المجاميع.
3- تقوم تكنولوجيا المجاميع على نظام معلومات فعّال يشتمل على كافة المعلومات المتعلقة بسمات وخصائص التصميم والتصنيع لكل منتوج.

4-3-2- أهمية GT

نظراً للمزايا التي يحققها GT فلقد شاع استخدامه في المصانع الحديثة، وأكدت الدراسات أهمية هذا التوجه في الترتيب الداخلي على صعيد خفض الكلفة وزيادة الاستجابة لحاجات العملاء، والتغيرات في السوق. كما أنه يقود إلى نتائج عديدة أشار لها Hiezer & B.Render بالآتي:

أ- خفض المخزون تحت التشغيل بسبب تحقيقها لتدفق متوازن في العمل من آلة لأخرى.

ب- حيز أرضي أقل، بسبب انخفاض الحاجة إلى التخزين بأشكاله المختلفة، وخاصة بين الآلات.

ج- مخزون أقل من المواد الأولية والمنتجات النهائية، بسبب تحقيقها السرعة العالية في حركة المواد.

د- تخفيض كلفة العمل المباشر، بسبب التدفق الأفضل للمواد والجدولة الجيدة.

ه- زيادة الثقة للعاملين في النظام وفي أنفسهم، بسبب مشاركتهم الواسعة في المنظمة والمنتوج.

و- زيادة استغلال الآلات، بسبب تسريع عملية التدفق للمواد والوقت.

ز- تخفيض الاستثمار في الآلات، بسبب الاستخدام الأمثل لطاقة الآلات.

4-3-3- خطوات تطبيق تكنولوجيا المجاميع GT

لقد دخلت وفي كثير من الحالات تكنولوجيا المجاميع كبديل فعّال لنمط الإنتاج بالدفعة ولأشكال الترتيب الداخلي الأخرى. وتطبيق هذا النمط يتطلب القيام بالخطوات الآتية:

أولاً: إيجاد واختيار عوائل الأجزاء والمنتجات: وعائلة الأجزاء هي مجموعة متجانسة من الأجزاء التي يكون تماثلها أكبر من اختلافها من حيث خصائص التصميم، والتصنيع، وخاصة من حيث المسار الإنتاجي. ويتم تشكيل عوائل الأجزاء بإحدى الطرائق الآتية:

1- **بواسطة البصر:** حيث يتم ترتيب وتشكيل الأجزاء في مجاميع متشابهة فنياً بالاعتماد على خبرة القائمين بالعملية.

2- **بواسطة نظام تصنيف وترميز الأجزاء:** حيث يتم تطوير أنظمة عديدة للترميز. مثلاً: يتم ترميز خصائص التصميم، والتصنيع، ونمط الإنتاج،

وتعاقب العمليات للأجزاء أو المنتوج). وهذه الأنظمة يمكن أن تساعد بسهولة على تشكيل عوائل الأجزاء والمنتجات.

إن أنظمة الترميز عديدة وجميعها تكشف عن الدور الجوهري لأنظمة الترميز في تكنولوجيا المجاميع، كما توضح حقيقة أن كل نظام من هذه الأنظمة لا تلبي الحاجات العامة بشكل كامل في الاستخدام. وأهم هذه الأنظمة ما يلي:

أ- نظام أوبتز The Optiz Classification System: لقد صمم هذا النظام الألماني H.optiz من جامعة Aachen في ألمانيا. ويعد هذا النظام واحداً من الجهود الرائدة في تكنولوجيا GT، وأفضلها أنظمة الترميز المعروفة. ويقوم هذا النظام على استخدام التعاقب الرقمي الآتي:

ABCD 9876 54321

رمز الشكل
وتشير إلى خصائص التصميم الأساسية للجزء والتعاقب

الرمز الثانوي
وتستخدم لتحديد نمط عملية الإنتاج

الرمز التكميلي
وتشير إلـــى بعض الخصائص المتعلقة بالتصنيع (أبعاد، مادة العمل، شكل القطعة عند بداية العمل)

يتم الترميز وفق هذا النظام على الشكل الآتي:

الرقم (1) يشير إلى الشكل العام للأجزاء.

الأرقام من (2) ← (5) تشير إلى العناصر التفصيلية لشكل الأجزاء، والمعالجة على الآلات.

الرقم (6) يشير إلى أبعاد الجزء.

الرقم (7)	يشير إلى المسافة.
الرقم (8)	يشير إلى الشكل الأصلي للمواد الأولية.
الرقم (9)	يشير إلى الدقة.

ب- نظام ميكلاس Miclass System: صمم هذا النظام من قبل المؤسسة الهولندية للبحث العلمي التطبيقي، من أجل أتمتة وقياس عدد من الخصائص ذات العلاقة بالتصميم والتصنيع ووظائف الإدارة. يستخدم هذا النظام الأرقام من (12 إلى 30). وأن الأرقام الاثنى عشر تكون ترميزاً عاماً يمكن أن يطبق لأي جزء مع إمكانية استخدام (18) رقماً إضافياً لترميز البيانات الخاصة بالشركة والصناعة.

الرقم (1)	الشكل الرئيسي
الرقمان (2) و (3)	عناصر الشكل
الرقم (4)	موقع عناصر الشكل
الرقمان (5) و (6)	الأبعاد الأساسية
الرقم (7)	نسبة البعد
الرقم (8)	البعد الإضافي
الرقمان (9) و (10)	رموز السماحات
الرقمان (11) و (12)	رموز المواد

يمكن استخدام الحاسوب في ترميز عناصر هذا النظام بشكل فعّال. فعند ظهور حاجة لترميز جديد فإن الحاسوب يوجه (7) أسئلة، ويجيب عليها في حالة الأجزاء البسيطة، و (10-20) سؤالاً في حالة الأجزاء الأكثر تعقيداً. وفي ضوء الإجابة عن الأسئلة الموجهة يعطي الحاسوب رقم رمزي لذلك الجزء.

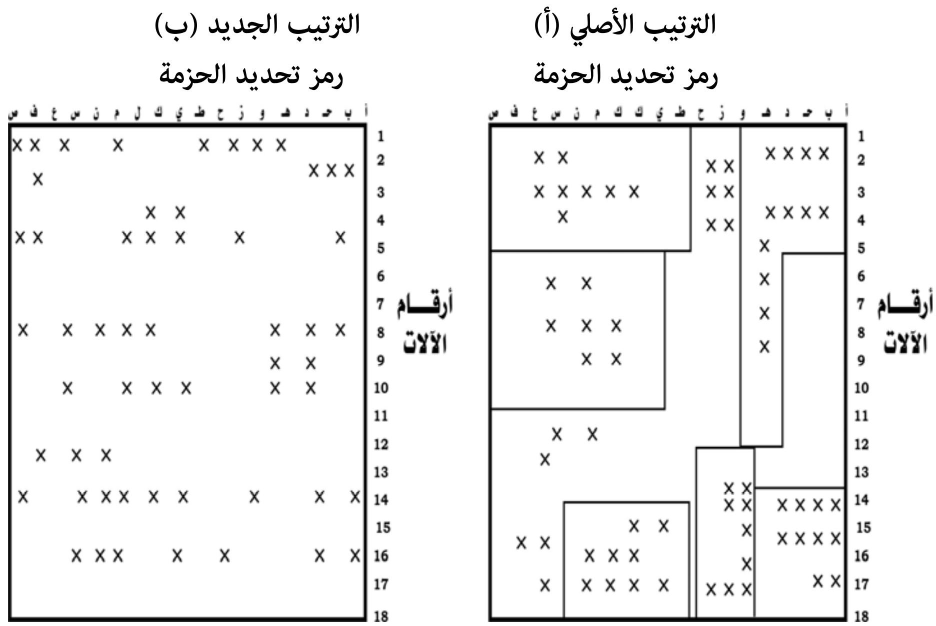
3- **بطريقة تحليل تدفق الإنتاج:** صمم هذه الطريقة بيبرج J.L. Burbirdge. وتعتمد على تدفق الإنتاج في تحديد عوائل الأجزاء، ومجموعة الآلات المختلفة التي تستخدم في كل عائلة بدلاً من استخدام نظام التصنيف والترميز ورسومات الأجزاء لتحديد العوائل. كأساس لهذه الطريقة يتم تجميع الأجزاء التي لها مسارات فنية متماثلة أو متشابهة معاً في عائلة، وبعدئذٍ يتم تشكيل خلايا آلات مترابطة ومطلوبة لإنتاج عائلة الأجزاء في تدفق فعّال للإنتاج.

أما خطوات هذه الطريقة فهي الآتية:

أ- جمع البيانات Data Collection: وتشمل تحديد ما يلي: رقم الجزء، مسار الآلات لكل جزء. التي تؤخذ من استمارات المسار الفني Route Sheets، بالإضافة إلى البيانات الإضافية مثل: حجم الدفعة، المعايير القياسية الزمنية، معدل الإنتاج السنوي.

ب- تصنيف مسارات التشغيل Sorting of Process Routing: بهدف ترتيب الأجزاء في مجموعات حسب تماثل مسارات تشغيلها.

ج- مخطط تحليل تدفق الإنتاج PFA Chart : يتم عرض الحزمة التي تم التوصل إليها في الخطوة (ب). وتعرض بشكل بياني على مخطط تحليل تدفق الإنتاج الذي يساعد في دراسة البيانات المجمعة. والخطوتين (ب) و (جـ) يوضحها الشكل (6-6).



الشكل (6-6) مخطط تحليل تدفق الإنتاج

إن تحليل التدفق يساعد في الحصول على بيانات عن مسارات إنتاج الأجزاء وتعاقب التشغيل. فيظهر المسارات الملائمة لكل حزمة أو عائلة من الأجزاء التي تتطلب نفس الآلات، ونفس التعاقب، أو ما هو قريب من ذلك.

د- التحليل Analysis: يتطلب التحليل تحديد المجموعات المتشابهة من البيانات التي تم التوصل اليها في الخطوات السابقة. ويتحقق هذا المطلب من خلال إعادة ترتيب البيانات على مخطط تحليل تدفق الإنتاج الأصلي لتكوين وإظهار الحزم ذات المسارات المتماثلة.

4- **بواسطة خصائص التصميم:** يتم حسب هذا الأسلوب تحديد الأجزاء المتشابهة من حيث الشكل والوظيفة، بالاعتماد على خبرة القائمين بالتصميم، مع الاستعانة بالرسوم الهندسية، والأشكال لتوضيح التشابهات بين أجزاء العائلة الواحدة. بعد ذلك ننتقل إلى الخطوة التالية وهي:

- حساب التحميل: وذلك بتحديد مقدار العمل المطلوب لكل جزء، ومن ثم تحديد عدد الآلات والعاملين حسب معدل الإنتاج السنوي من هذه الأجزاء ضمن العائلة الواحدة التي تستخدم طلبية عمل واحدة.
- تعيين مجاميع العمل: يتم تحديد مجاميع العمل من العاملين في مختلف الأقسام في هذه الخطوة.
- محاكاة العمل وتسجيل ومعالجة النتائج: وهذه الخطوة هي تقييم لكافة الخطوات قبل التنفيذ.

أنماط نظم تصنيع GT

يوجد ثلاثة أنماط من نظم GT وهي الآتية:

1- مركز تكنولوجيا المجاميع GT - Center : هذا النظام قريب من الترتيب الداخلي حسب العملية، لكن مع وجود لبعض العمليات أو الأفراد الذين يجمعون في مركز الآلات لإنجاز العمليات المشتركة لعدد من الأجزاء لحل مشاكل قائمة في الترتيب (مثل: خفض تكاليف الأعداد، والتهيئة، والمهل الزمنية).

2- خلية تكنولوجيا المجاميع GT - Cell : وتعني مجموعة من الآلات أو آلة واحدة ذات مهام متعددة مكوّنة من خلية عمل، تقوم بإنجاز العمليات المطلوبة لأجزاء معينة. يمتاز هذا النمط باعطائه مرونة للعمليات.

3- خط تدفق تكنولوجيا المجاميع GT - Flow Line : يعد هذا النمط بمثابة تنظيم داخلي صغير على أساس المنتوج.

4-4- الترتيب الداخلي للمخازن Ware House Layout

تبنى عملية الترتيب الداخلي للمخازن على تحديد العلاقة بين قسم الاستلام والمخازن ذات العلاقة، وتقوم على تخفيف تكاليف النقل إلى أدنى حد ممكن، وذلك بتقصير المسافة بين قسم الاستلام والمخازن قدر الإمكان.

يتوقف الترتيب الداخلي للمخازن على المساحات المطلوب توفرها لأقسام المخازن المختلفة. لهذا نميز هنا بين حالتين في الترتيب الداخلي للمخازن وهما:

أ- في حالة تساوي المساحات المخصصة للمخازن، فإنه يتم تقريب الأقسام ذات الحركة الأكبر إلى قسم الاستلام (كما في الترتيب حسب العملية لصالات الإنتاج).

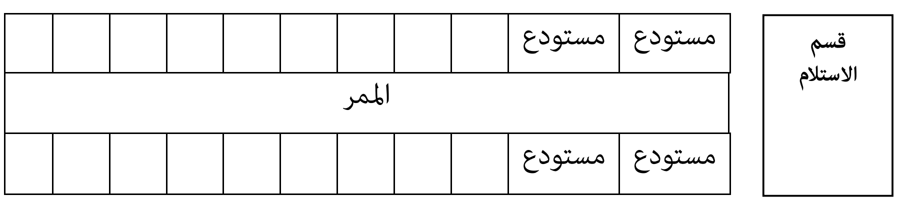
ب- في حالة عدم تساوي المساحات المخصصة للمخزون فإنه يتم احتساب النسبة (نسبة المخزون بالمخزن إلى المخزون الكلي)، وترتيب المخازن ذات النسب الأعلى بالقرب من قسم الإنتاج، تليها الأقسام ذات النسبة الأقل، وهكذا.

وتحسب هذه النسبة وفق الصيغة الرياضية الآتية:

نسبة التدفق = حجم التدفق / عدد المخازن المطلوبة

مثال (6-1):

بفرض أنه لدينا المخزن ذي الشكل الهندسي الآتي:



ولدينا سبعة أقسام للخزن. وكمية الوحدات المستلمة (حجم التدفق) في هذه الأقسام من قسم الاستلام، وكذلك المساحة المطلوبة لكل قسم هي كما في الجدول التالي:

القسم	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز
تدفق الوحدات المستلمة	800	1500	800	1200	1600	1000	350
المساحة المطلوبة(عدد المخازن)	1	3	2	4	4	5	1

الحل :

نقوم بحساب نسبة التدفق لكل قسم باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{نسب التدفق للقسم} = \frac{\text{حجم التدفق}}{\text{عدد المخازن}}$$

الأقسام	النسبة (حجم التدفق/عدد المخازن)	الترتيب حسب النسبة الأكبر فالأصغر
أ	800 = 1 ÷ 1800	1
ب	500 = 3 ÷ 1500	2
جـ	400 = 2 ÷ 800	3
د	300 = 4 ÷ 1200	6
هـ	400 = 4 ÷ 1600	4
و	200 = 5 ÷ 1000	7
ز	350 = 1 ÷ 350	5

ويكون الترتيب على الشكل التالي:

قسم الاستلام	أ	ب	جـ	هـ	هـ	ز	د	د	و	و
	الممـر									
	ب	ب	جـ	هـ	هـ	د	د	و	و	و

5. مناولة المواد

1-2-5 مفهوم المناولة:

يقصد بالمناولة ما يلي:

أ- **تغير مكان:**

- المواد من مكان التفريغ إلى مستودع المواد، ومن هناك للأقسام المختصة.
- القطع قيد الصنع من مركز إنتاج لآخر، بهدف إتمام العمليات الإنتاجية أو التخزين المؤقت. وقد يقتضي ذلك تركها بجوار الآلات وأمكنة العمل.
- المنتجات الجاهزة ونقلها إلى مستودع السلع المنتهية الصنع، بهدف التخزين أو نقلها إلى مكان الشحن والى الأسواق.
- القوى العاملة داخل المصنع (عمال الإنتاج المباشرين)، وذلك في حالة كانت صالات أو أقسام الإنتاج كبيرة، ومتباعدة المسافات فيما بينها.

ب- عمليات التغليف:

ترتبط هذه العمليات مباشرة مع عمليات المناولة، مثل، تبديل أماكن ومواقع البضاعة المنقولة، والاستلام والتوضيب والتفريغ، وإعادة التحميل. ويتطلب تخزين المواد عمليات نقل لكميات كبيرة من أنواع مختلفة من مواضيع النقل (مواد أولية، وأجزاء مصنعة، وكميات الوقود، وقطع الغيار، والمعدات، والآلات).

إن أساس التخطيط لعملية المناولة وتنظيمها هو تحقيق الكفاية الإنتاجية، لأن مسألة المناولة (النقل والحركة الداخلية) هي مسألة تكاليف. لذلك فبقدر ما تحسن الإدارة من تخطيط وتنظيم هذه العملية، بقدر ما يتم التوفير في التكاليف وزيادة فرص تحسين الإنتاجية، وخاصة إذا ما أدى التخطيط والتنظيم الجيد لهذه العملية إلى نقل وزيادة فرص استخدام أجهزة المناولة الآلية، وإحلالها قدر الإمكان محل

القوى البشرية، بحيث يتم تحرير عمال الإنتاج المباشرين من العمليات الصعبة والمجهدة، وبالتالي تفرغهم للأعمال الفنية والإبداعية.

2-2-5- العوامل المؤثرة في عملية المناولة:

تتأثر عملية المناولة داخل المصنع بعدة عوامل، هي:

1- الترتيب الداخلي للمصنع: إن الترتيب الداخلي الجيد للمصنع يسمح باستخدام وسائل النقل ذات الكفاية العالية، ويخفض الحاجة إلى المناولة إلى حدودها الدنيا. أما الترتيب الداخلي السيئ فيعقّد عملية المناولة، ويزيد تكلفتها. كما أن نوع الترتيب يحدد وسيلة النقل المستخدمة. مثلاً يمكن استخدام السير الناقل في الترتيب على أساس السلعة، كما في صناعة الأسمنت وغيرها.

2- موضوع المناولة: تتأثر عملية المناولة بموضوعات المناولة من ناحية النوع والكمية والحجم، وكذلك بطريقة تحضير وإعداد هذه الموضوعات، وبوسيلة النقل المستخدمة، بالإضافة إلى المستودعات المعدة للتخزين المؤقت، كما تتأثر المناولة بدرجة تأهيل عمال المناولة.

3- طبيعة عملية المناولة: هناك أنواع عديدة من عمليات المناولة، كالعملية الدائمة، و العميلة المؤقتة. ولكل نوع من هذه العمليات متطلبات مختلفة في إنجاز عملية المناولة. فالعمليات التي تتمتع بالثبات والاستقرار في تتابع مراحل العمليات تحتاج المناولة فيها إلى ممرات ثابتة مع التحكم في سرعة الحركة. كما أن النوع المستمر يضمن تدفقاً مستمراً للمواد المنقولة. وأما النوع المتغيّر فإنه يسمح بنقل أحجام وكميات كبيرة، كما في حالة الروافع أو عربة الشوكة الرافعة.

4- صيغ تنظيم المناولة: أن صيغ المناولة عديدة، أهمها الصيغ التالية:

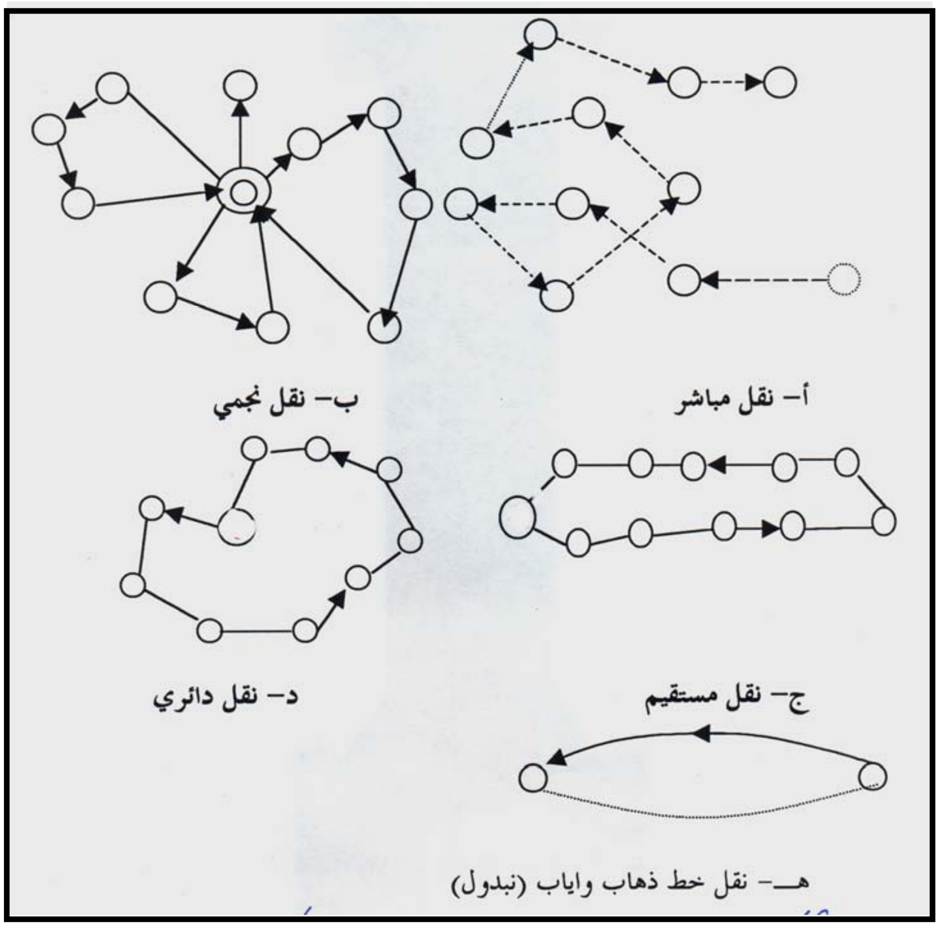
أ- نقل منتظم: يشترط لاستخدام هذه الصيغة التنظيمية للمناولة وجود مهمات نقل كافية ومستمرة، بحيث يمكن تحميل وسائل النقل (استخدام واستغلال) بما يحقق الكفاية الاقتصادية. ولهذه الصيغة التنظيمية عدة أشكال مختلفة، وهي:

- ارتباطات النقل بشكل مباشر وثابت بين أماكن العمل أو الاقسام، مثلاً: أنظمة القنوات، أو أقشطة النقل " سير ناقل".
- خط ذهاب وإياب بين مكاني عمل أو أكثر أو أقسام مختلفة: في هذه الحالة غالباً تعود وسائل النقل فارغة أو محملة جزئياً أثناء العودة، وهذا يزيد النفقة ويخفض الإنتاجية، وذلك لعدم استغلال الوسائل الاستغلال الكامل.
- خط دائري: حيث يتم النقل بين أقسام متعددة: تسير وسائل النقل على طرقات محددة في نفس الاتجاه أو اتجاهات معاكسة.
- خط مجدّول: يتم الانتقال بقاطرات نقل على خطوط ثابتة وفق أزمنة محددة (في جدول)، ويتم التوقف في محطات مختارة وفق أزمنة التوقف في هذه المحطات المدونة في جدول زمني خاص.

ب- نقل نصف منتظم: هذا الشكل التنظيمي للنقل هو مزيج من النقل المنتظم والنقل غير المنتظم. وتشكل هذه الصيغة التنظيمية حركة دائرية مباشرة، حيث تتحرك وسائل النقل الفارغة وفق جدول زمني في حركة دائرية إلى أماكن النقل، فيما وسائل النقل المحمّلة توجه بشكل إفرادي وفق الطلب في حركة مباشرة وإلى مناطق النقل (نقل دائري) المحددة.

ج- نقل غير منتظم: يُعمل بهذه الصيغة التنظيمية في حالة كانت مهمات النقل غير مستمرة (كميات نقل مختلفة، وأوقات مختلفة لتنفيذ العمل) لمواجهة مهمات النقل الطارئة التي لا يمكن التنبؤ بها مسبقاً، أو في حالة التحميل

د-   الكامل في النقل المنتظم. والشكل (6-7) يوضّح صيغ النقل(المناولة) المختلفة.



شكل (6-7) طرائق النقل (صيغ) داخل المصنع

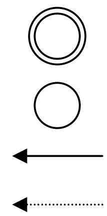
حيث أن الرموز هي:

- مركز النقل

موقف (مكان النقل)

حركة محملة

حركة فارغة



3-5- مبادئ أساسية في المناولة

إن عملية المناولة الناجحة تتم في إطار مبادئ أساسية للنقل، وإذا ما تم التقيد بهذه المبادئ يمكن تحقيق الكفاية لعملية المناولة، وأهمها ما يلي:

أ- مبدأ اختيار أسلوب النقل المناسب تتزايد إمكانيات النقل في المصنع طرداً مع نمو الإنتاج. ويعد تطوير وزيادة إمكانات النقل في المصانع مهمة ضرورية جداً لتحقيق الكفاية الاقتصادية، ولزيادة الإنتاج في وحدة الزمن بشكل عام. لهذا فإن عقلنة العمليات الإنتاجية الأساسية تكون مرتبطة مع عقلنة عمليات النقل الداخلية، سواء في عمليات التحضير، أو التنفيذ. وذلك نظراً لأن استخدام إجراءات العقلنة في العمليات الأساسية لوحدها يمكن أن لا تكون كافية بشكل كامل أو جزئي لتحقيق الكفاية، وترتبط عملية العقلنة مباشرة مع اختيار وسائل النقل بما يحقق وينسجم مع طاقات الإنتاج، والتخزين، والإرسال وغيرها.

وتتم وعملية الاختيار لوسائل النقل المناسبة انطلاقاً من المبدأ التالي:

طاقة وحدة الإنتاج= طاقة وحدة النقل= طاقة وحدة التخزين= طاقة وحدة الإرسال

ب- مبدأ زيادة استخدام المناولة الآلية والرقابة الإلكترونية على عمليات النقل الداخلي. وهذا يتم بهدف توفير القوى العاملة كلياً أو نسبياً، وتحسين شروط العمل، وتوفير جو للعمال. ويرتبط هذا المبدأ بضرورة توفير المستلزمات التالية:

- تحضير الأجزاء أو المجموعات والسلع بشكل يمكن نقلها بسهولة، مثلاً: قياسات نمطية (بالات أو حاويات)، وكذلك أحجام نمطية والتي تأخذ بالحسبان قدرة وسائل النقل على الحمل.
- تحديد أنماط التوريدات (مثلاً: مواد في أطوال وأحجام محددة ضمن حاويات أو بالات أو طرود).
- استخدام الموديلات والنماذج الرياضية الاقتصادية لحل مهام النقل مثل: نظرية الألعاب، وسائل النقل، وصفوف الانتظار، والسمبلكس...الخ.

ج- مبدأ وضع خطة الترتيب الداخلي للعمليات مع خطة مناولة المواد، بما يؤدي إلى تخفيض المناولة وتفعيل صيغ الترتيب الداخلي وعملية المناولة.

د- مبدأ استخدام المناولة الآلية وتنظيم عملية المناولة بشكل يؤدي إلى تقليل عدد مرات رفع المواد وإنزالها.

هـ- استخدام حركة الخط المستقيم في المناولة قدر الإمكان.

5-2-4- أنواع وسائل المناولة:

هناك العديد من وسائل المناولة يمكن تصنيفها في أربعة أنواع وهي:

أ- وسائل النقل الأرضية ذات الممرات الثابتة: وهذه الوسائل ذات حركة أفقية، وأحياناً تستفيد من قوة الجاذبية في تحريك المواد ذلك عندما يكون خط سير المواد ثابت. ومن هذه الوسائل نقل المواد على عجلات أو عربات صغيرة تجرها سلاسل أو سلك أو ممرات ثابتة، أو عربات تتحرك في قنوات أو على قضبان أو الأشرطة المتحركة.

ب- وسائل النقل العلوية: وهي تلك الوسائل التي تتحرك حاملة البضائع على ارتفاع من سطح الأرض. وتقسم هذه الوسائل بحسب نطاق المساحة التي تتحرك فيها وسيلة النقل إلى مجموعتين، هما:

الأولى: وسائل النقل العلوية فوق مساحة محدودة: يتم نقل المـواد فـوق مسـاحة محـدودة من الأرض. وبعض هذه الوسائل يتحرك أفقياً على الأرض فـوق مسـاحة محـدودة مثل الرافعة الشراعية (آلة رافعة تستخدم عـامود قـائم عـلى زاويـة متحركـة وفي طرفه العلوي حبل معدني قوي يتحرك على بكر..)، والروافـع العلويـة المتحركـة في السقف.

الثانية: وسائل النقل العلوية فوق مسـاحة طويلـة: وتقسـم هـذه الوسـائل إلى مجمـوعتين: الأولى منها لحالات النقل غير المنتظم، والثانية لحالات النقل المنتظم.

ج- **وسائل النقل العامودية (المصاعد):** عندما يكون النقـل عمـودي في المصـانع الطابقيـة (نقل إلى أعلى أو إلى أسفل) تستخدم المصاعد المخصصـة لنقـل البضـائع لأداء الخدمـة، وبخاصة إذا كان النقل غير منتظم. وهذه الوسائل تفيد المصانع عنـدما يكـون المصـنع مكوّناً من عدة طوابق.

د- **وسائل النقل الأرضية غير المقيّدة:** وهي وسائل مرنـة(حـرة) لا تقيـد بمسـار معـين مثـل الناقلات اليدوية، ومنها آلية تستخدم لإغراض متعددة أو لمهمات خاصة.

5-2-5 شروط اختيار وسائل المناولة:

يتوقف اختيار وسائل المناولة على مجموعة من العوامل، هي:

أ) **طبيعة المواد المطلوب نقلها:** فالمواد يمكن أن تكون صلبة، أو سائلة، أو غازيـة، ويمكـن أن تكون على شكل طرود، أو سائبة، وهي مختلفة الحجوم والأوزان.

ب) **طبيعة عملية المناولة:** هنا نفرق بين العملية الدائمة، والعملية المؤقتة، وثبات واستقرار تتابع العلميات، وحجم الخدمة المطلوبة من المعدات المقترح توفيرها.

ج) **التصميم الداخلي للمصنع:** إن التصميم الداخلي الجيد يسمح باستخدام وسيلة نقل مناسبة تتميز بالكفاية وسرعة الحركة.

د) **تكاليف استخدام وسيلة النقل:** تتناول التكاليف عناصر عديدة، وهي التكلفة المبدئية، وتكلفة الحصول على الآلات ووسائل المناولة وتركيبها واستخدامها، وتكلفة الوقت الضائع من الآلات والأقسام الإنتاجية، وتكلفة التشغيل (تشتمل تكلفة الوقود والطاقة وأجور العمال...)، وتكلفة الاستهلاك المتعلقة باستهلاك معدات وآلات المناولة.

1. وضّح مفهوم الترتيب الداخلي للمصنع.
2. عدد خمسة أنواع من الصناعات التـي تعتمـد عـلى الترتيـب الـداخلي عـلى أسـاس أقسـام متخصصة.
3. عدد خمسة أنواع من الصناعات التي تعتمد الترتيب الداخلي على أساس المنتج.
4. أذكر الحالات التي يستخدم فيها الترتيب على أساس المنتج، والحالات التـي يسـتخدم منهـا الترتيب على أساس العملية.

مسألـة:

المطلوب: ترتيب المخازن أدناه في ضوء المعلومات التالية:

الأقسام	أ	ب	ج	د	ه	و	ز	ئ
حجم التدفق	1200	4000	800	600	900	1800	700	800
عدد المخازن	1	4	2	1	1	3	1	1

قسم استلام								
ممــرات	↔							
قسم تسليم								

علمـاً أن المــخازن ذات أبعاد متساوية، وأحجام موحدة، والممرات مزدوجـة (ذهاباً، إياباً).

مراجـع الفصل السابع

1- المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر، عمان 2000.

2- Blackburn , Joseph P. Time Based Competition, The Next Battleground in American Manufacturing. Home Wood, IL: Richard D. Irwin, 1991.

3- Chase, Richard B., and Nicholas J., Aquilano, Production and Operations Management, 7th ed. McGraw Hill, New York, 1996.

4- Norman Gaither , Production and Opetions Management, 6th ed., The Dryden Press, New York, 1995.

5- Jay Heizer , Barry Render, Production and Operations Management 7th ed., Allyn and Bacon, Boston, 1997.

6- Mueller, G. Lexkion Technologie, VEB Verlag Technik Berlin, 1995.

الفصل الثامن

التخطيط العملياتي للسيطرة على الوقت والتكاليف

العناوين الرئيسة:

5- عناصر الوقت في النظام الإنتاجي:

1-1 وقت العملية

2-1 وقت العمل.

3-1 وقت الآلات.

6- نموذج الترتيب حسب العملية(تحليل التدفق).

1-2 النموذج العام.

2-2 طريقة مقياس الحمولة- المسافة.

3-2 مقياس الأهمية النسبية.

7- نموذج الترتيب حسب المنتج(تحليل الفعالية).

1-3 النموذج العام.

2-3 طريقة الوزن الموضعي.

8- تخطيط الطاقة الإنتاجية:

1-4 مفهوم الطاقة الإنتاجية.

2-4 الطاقة الإنتاجية في حالة الترتيب حسب العملية.

3-4 الطاقة الإنتاجية في حالة الترتيب حسب المنتج.

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1. توضيح عناصر الوقت الإنتاجي ممثلة بوقت العملية، ووقت العمال، ووقت الآلات.
2. شرح تحليل التدفق كأسلوب عملي في خفض الوقت في الترتيب حسب العملية المتخصصة.
3. شرح تحليل الفعّالية كأسلوب عملي في خفض الوقت في الترتيب حسب المنتج.
4. حساب الطاقة الإنتاجية للوحدة الإنتاجية في حالة الترتيب حسب العملية المتخصصة، وفي حالة الترتيب حسب المنتج.

الفصل الثامن
التخطيط العملياتي للسيطرة على الوقت والتكاليف

1. عناصر الوقت في النظام الإنتاجي

يتألف الوقت في النظام الإنتاجي من العناصر الرئيسة التالية:

1-1 وقت العملية

وقت الانتظار في صف الانتظار لبدء العملQueue Time: وهذا الوقت يختلف من عملية لأخرى، ومن قسم إنتاج الآخر، ولتخفيضه إلى أقل ما يمكن يتوجب جدولة انتظار الأعمال (الأوامر) استناداً لمعيار متوسط وقت انتظار العمل أو الأمر في صف الانتظار. وهذا المتوسط يجب أن يكون أقل ما يمكن، لأن زيادته تعني الازدحام وطول فترة الإنتاج الكلية، بالإضافة للتأخير في زمن تسليم العمل للعميل.

1- وقت تهيئة وإعادة الآلات Setup Time لإنجاز عمل أو إنتاج جديد: يجب أن يكون هذا الوقت قصير جداً، لأن إطالته تؤدي إلى تأخير تنفيذ الأعمال وزيادة تكاليف الإنتاج.

2- وقت المعالجة أو الإنجاز الفعلي Run Time: ويمثل الوقت الذي يكون فيه العمل على الآلة أو في مكان العمل وتجري عليه العمليات اللازمة. ويتوقف طول هذا الوقت على طاقة الآلة أو كفاءة (معدل الأداء) العامل في مكان العمل.

3- وقت الانتظار المؤقت على خطوط الإنتاج بين الآلات، أو أماكن العمل، أو مراكز الإنتاج Waiting Time: وإن طول هذا الوقت يؤدي إلى زيادة متوسط الأعمال في النظام، وبالتالي يزيد في الازدحام والمخزون المؤقت للإنتاج. وهذا الوقت يجب أن يكون أقصر ما يمكن.

عملياً يجب العمل دائماً على تخفيض الوقت الإنتاجي، وذلك بتخفيض كل عنصر من عناصر الوقت في النظام الإنتاجي. وهناك العديد من الوسائل والأساليب الفعّالة التي تقود إلى تخفيض الوقت عموماً، وبخاصة الجدولة القصيرة الأجل والتي تؤدي إلى خفض أوقات كل من:

أ- وقت الانتظار في صف الانتظار لبدء العمل.

ب- وقت الانتظار المؤقت على خطوط الإنتاج.

أما تقليص كل من:

أ- وقت الحركة الفعلية،

ب- وقت المعالجة أو الإنجاز الفعلي، وكذلك،

ج- وقت الانتظار المؤقت على خطوط الإنتاج.

فيتم باستخدام كل من:

1- تصميم محطات العمل والأنشطة،

2- تحليل التدفق وتحليل الفعالية.

2-1- وقت العمال

يعد وقت العمال من أهم عوامل الوقت في النظام الإنتاجي الذي يتطلب استثماره بأقصى كفاية، لأنه هو الذي يؤدي إلى زيادة إنتاجية العمل. ويتمثل الهدر في وقت العمال بعناصر الهدر التالية:

أ- وقت الانتظار بسبب تأخر تدفق الأعمال والعمليات إلى أماكن العمل.

ب- وقت الانتظار بسب توقف الآلات والتجهيزات أو بسبب أعمال الصيانة الطارئة والوقائية.

ج- أخطاء الجدولة وأخطاء تقييم المحطات، وأخطاء الإدارة.

وتحل مشاكل الهدر في وقت العمال باستخدام ما يلي:

1- تصميم محطات العمل،
2- تحليل التدفق وتحليل الفعالية،
3- جدولة وقت العمال والآلات،
4- جدولة عمليات الصيانة.

نشير إلى أنه وبسبب صعوبات فنية كثيرة فإن تصميم محطات العمل وفي كثير من الحالات غير ممكن، لذلك تبقى الجدولة القصيرة الأجل هي الحل، وبخاصة إذا ما اقترنت مع تطبيق الفلسفة اليابانية في توسيع التخصص (التخصص الواسع) للعامل، بحيث يتنقل العامل في عمله على خطوط الإنتاج بشكل يومي أو أسبوعي تمشياً مع سياسة حلقات الجودة اليابانية.

3-1- وقت الآلات والتجهيزات

إن الهدف في وقت الآلات والتجهيزات مرتبط وإلى حد بعيد بالهدر في وقت العمال، بالإضافة إلى الأسباب التالية:

أ- الأعطال الطارئة في عمل الآلة.
ب- أعمال الصيانة الوقائية.
ج- مشاكل إدارة الخط الإنتاجي.
د- تصميم محطات العمل في الخطوط الإنتاجية.
ه- المناولة ومشكلات تدفق المواد.
و- الجدولة قصيرة الأجل، والتي تتناول ما يلي:
  - ترتيب أولوية الأعمال والعمليات،
  - جدولة وقت الإنجاز للأعمال،
  - جدولة وقت التوفقات والأعطال.

ونظراً لتعذر إعادة تصميم المحطات والأنشطة، وبالتالي تغير أساليب ووسائل المناولة، فإن الجدولة القصيرة الأجل تبقى حلاً فعالاً لمشكلات الهدر في وقت الآلات والتجهيزات، بالإضافة إلى تحليل التدفق والفعاليات.

2. نموذج الترتيب حسب العملية (تحليل التدفق)

إن مسألة الترتيب الداخلي حسب العملية (الوظيفة) هي مسألة تكاليف مختلفة، وبخاصة تكاليف النقل (المناولة) بين الأقسام المختلفة. فالمصنع وفق هذا الترتيب ينتج منتجات عديدة. وهذه المنتجات تمر بعمليات مختلفة موزعة على أماكن عمل، وآلات وأقسام كثيرة متداخلة الحركات مما يجعل المناولة الآلية صعبة جداً، والتكاليف مرتفعة، واتباع طرائق واستخدام وسائل مناولة قليلة الإنتاجية وكثيرة التكاليف.

ولحل مثل هذه المشكلات فلقد اعتمد الخبراء أربع طرائق لترتيب الأقسام والآلات، بحيث يؤدي تطبيقها إلى خفض تكاليف النقل والمناولة إلى أدنى حد ممكن، وهذه الطرائق هي التالية:

1- طريقة المخططات البسيطة.
2- طريقة تحليل تتابع العمليات.
3- طريقة تحليل العبء في المسافة المقطوعة.
4- طريقة التحليل باستخدام الحاسوب.

وأن الهدف من استخدام هذه الطرائق يتمثل في تحقيق أقل تكلفة مناولة بين الآلات، وأماكن العمل والأقسام، وتخفيض وقت الانتظار الناتج عن التقاطعات في حركة النقل بين الأقسام.

1-2- النموذج العام

يقوم النموذج العام لتحليل الترتيب حسب العملية على ما يلي:

أولاً : تحديد عدد مرات تحميل المواد خلال فترة زمنية محددة.

ثانياً : حساب المسافة المقطوعة بين الأقسام، وتكلفة المناولة.

وتحسب التكاليف بين الأقسام باستخدام العلاقة التالية:

$$MinimizeCost = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} Xij\, Cij$$

حيث أن :

n = عدد مراكز العمل أو الأقسام	Total Number of Work Centers or Departments
ij = الأقسام أو المراكز	Individual Departments
Xij = عدد مرات التحميل (النقل) من القسم i إلى القسم j	Number of Loads moved From Departments i to Department j
Cij = تكاليف الحركة بين القسم أو القسم i	Cost to move a load between Department i and Department j

وهنا نميّز حالتين:

حالة (1): في حالة كانت كلفة النقل بين جميع الأقسام واحدة:

يتم في هذه الحالة التركيز على عدد الشحنات أو على عدد حركات النقل بين الأقسام، ومراكز العمل المختلفـة كأساس لترتيب الآلات والأقسام ومحطات العمل. ويمكن توضيح ذلك بالمثال (7-1).

مثال (7-1):

البيانات في المصفوفة أدناه تمثل عدد حركات النقل بين الأقسام الستة لشركة وادي رم الصناعية.

من \ إلى	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
1				5	3	
2	8		4			
3				3		
4	8		5			
5						7
6	10			5		

مصفوفة عدد حركات النقل بين الأقسام

المطلوب:

ترتيب هذه الأقسام بحيث تكون تكلفة النقل الإجمالية أقل ما يمكن، إذا علمت أن تكلفة النقل للمسافة الواحدة تساوي ديناراً واحداً بين جميع الأقسام.

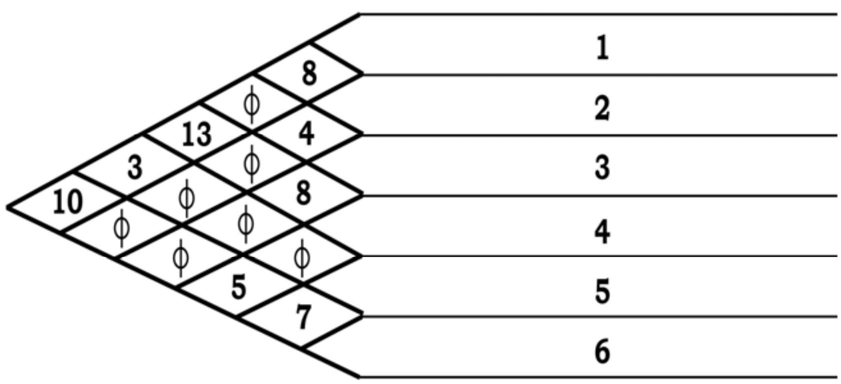
الحل:

بما أن تكلفة النقل للمسافة الواحدة متساوية فإننا نركز على عدد حركات أو شحنات النقل بين الأقسام. وعليه يجب أن نحسب عدد الحركات أو الشحنات بين الأقسام على الشكل التالي:

أ-   إعداد مصفوفة إنسايبة الشحنات Interdepartmental Flew of Parts:

من \ إلى	1	2	3	4	5	6
1		8	ϕ	13	3	10
2			4	ϕ	ϕ	ϕ
3				8	ϕ	ϕ
4					ϕ	5
5						7
6						

ب- إعداد مصفوفة العلاقات بيــن الأقسام Relationship Chart Between Departments:

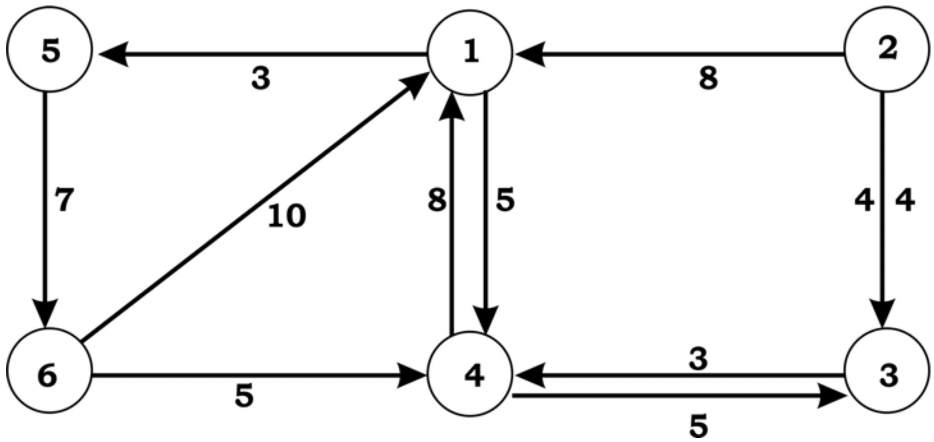


ج- إعداد مخطط ترتيب الأقسام:

يتم إعداد هذا المخطط بناءً على عدد الحركات أو حجم الشحنات (تدفق). فالأقسام ذات الحركات أو الشحنات الأكبر توضع إلى جانب بعضها البعض. ويتم وضع الأقسام ذات العلاقات الكثيرة (عدد الشحنات الكبيرة) مع باقي الأقسام في الوسط، ويتم ذلك على الشكل التالي:

حجم التدفق	13	10	8	7	5	4	3
الأقسام ذات العلاقة	4-1	6-1	4-3	6-5	6-4	3-2	5-1

ومن الجدول أعلاه نلاحظ أن أعظم حجم تدفق يبلغ (13)، ويمثل الحركات بين الأقسام (4-1)، وهذان القسمان لهما علاقات عمل مع الأقسام 3 و 5، لذلك نضع هذين القسمين في الوسط، وذلك كما يلي:



وتكون تكلفة هذا الترتيب

8 × 1 + 13 × 1 + 3 × 1 + 10 × 1 + 4 × 1 + 8 × 1 + 5 × 1 + 7 × 1 = 58 دينار

ويكون ترتيب الأقسام على الشكل التالي:

2	1	5
3	4	6

حالة (2): في حالة كانت كلفة النقل بين الأقسام مختلفة:

الترتيب يقوم على أساس كلفة نقل الوحدة من قسم إلى الآخر، وعدد الشحنات، وكذلك تنقلات الأفراد التي تحصل خلال فترة زمنية محددة كأساس لترتيب الآلات.

مثال (7-2):

بفرض أن تكاليف النقل بين الأقسام في المثال السابق مبينة في المصفوفة التالية:

من \ إلى	1	2	3	4	5	6
1				2	3	
2	5		3			
3				5		
4	4		3			
5						5
6	2			3		

مصفوفة تكلفة النقل بين الأقسام

المطلوب: ترتيب هذه الأقسام إلى جانب بعضها بحيث تحقق أعلى كفاية من الترتيب.

الحل:

أ- نحسب تكلفة النقل بين الأقسام ونضعها في جدول أولي، وذلك على الشكل التالي:

تكلفة النقل بين الأقسام = حجم التدفق بين الأقسام × كلفة تدفق الوحدة الواحدة.

وتحسب هذه التكلفة على الشكل التالي:

بيانات مصفوفة حركات النقل × بيانات مصفوفة تكاليف النقل.

فنحصل على المصفوفة الجديدة التالية:

من \ إلى	1	2	3	4	5	6
1				10	9	
2	40		12			
3				15		
4	32		15			
5						35
6	20			15		

مصفوفة تكاليف النقل الأولية

ب- نقوم بحساب مجموع تكاليف النقل وذلك على الشكل التالي:

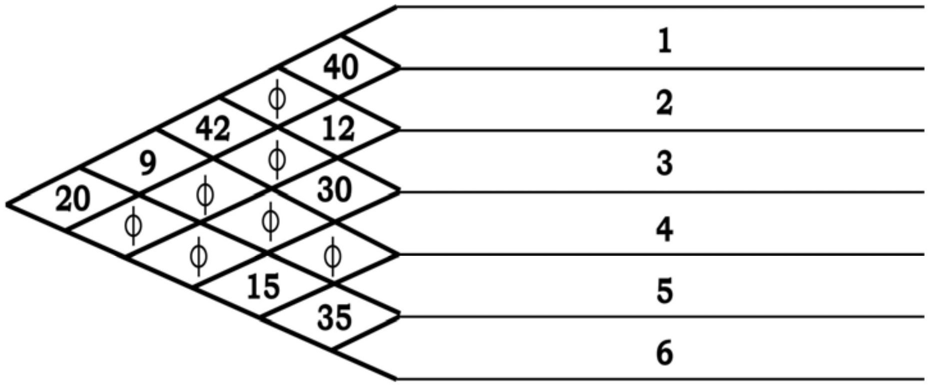
مجموع تكاليف النقل (من ، إلى) الأقسام = تكاليف النقل من الأقسام + تكاليف النقل إلى الأقسام.

أي: (مجموع من ⟵ إلى + مجموع إلى ⟵ من)

فنحصل على مصفوفة جديدة كما يلي:

من \ إلى	1	2	3	4	5	6
1		40	ϕ	42	9	20
2			12	ϕ	ϕ	ϕ
3				30	ϕ	ϕ
4					ϕ	15
5						35
6						

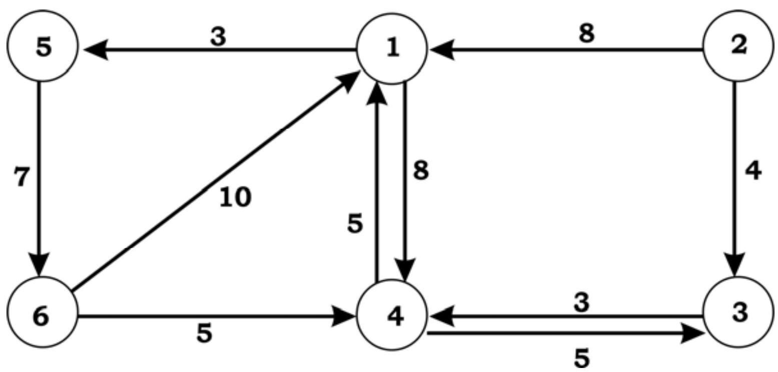
ج- نقوم بإعداد خارطة العلاقات/ التكاليف، وذلك على الشكل التالي:



د- إعداد مخطط ترتيب الأقسام بناءاً على تكاليف النقل بوضع الأقسام ذات التكاليف العالية جانب بعضها البعض، ويتم ذلك على الشكل التالي:

حجم التدفق بالتسلسل	42	40	35	30	20	15
الأقسام ذات العلاقة	4-1	2-1	6-5	4-3	6-1	6-4

ومن الجدول أعلاه نلاحظ أن أعظم تدفق يبلغ (42) يكون بين الأقسام (1-4)، وتبلغ تكاليفه (42). وعليه نضع في الوسط كلا القسمين، ويصبح ترتيب الأقسام المكاني على الشكل التالي:



وهو نفس الترتيب السابق.

2-2- طريقة مقياس الحمولة – المسافة Load - Distance Scale

تقوم هذه الطريقة على احتساب المسافة الكلية لكل بديل ترتيب مكان، ثم اختيار البديل الذي تكون المسافة الكلية المقطوعة بين أقسامه أقصر ما يمكن، باعتبار أن المسافة الكلية الأقصر هي دالة المسافة والحمولات بين الأقسام.

إن خطوات تطبيق هذه الطريقة هي الآتية:

1- وضع الترتيب الأولي لمواقع أو مراكز العمل. وهنا نميز بين حالتين في وضع الترتيب الأولي:

- الأولى: إذا كان الموضوع هو إعادة ترتيب الأقسام القائمة (تعديل)، فإن الترتيب الأولى هو الترتيب القائم.
- الثانية: إذا كان الموضوع هو ترتيب لأقسام جديدة (مصنع جديد)، فإن الترتيب الأولي هو الترتيب المقترح من بدائل عديدة متاحة.

2- تحديد المسافات بين الأقسام المرتبطة بعلاقات (من – إلى).

3- إعداد مصفوفة الحمولات بين الأقسام (من - إلى) وذلك حسب ترتيب الأقسام.

4- وضع خطط الترتيب المعدّلة أو المقترحة، وحساب المسافة الكلية بين الأقسام لكل خطة، واختيار الخطة ذات المسافة الكلية الأقصر.

مثال (7-5):

توسعت شركة الخليج الصناعية في أقسامها الإنتاجية في السنوات الخمسة الماضية ثلاث مرات. ونتيجة هذا التوسع ظهرت علاقات جديدة بين الأقسام. وبسبب ارتفاع تكاليف النقل للترتيب القديم وعدم فاعليته اقترحت الشركة إعادة ترتيب الأقسام، بخاصة بعد أن أضافت قسم مركزي جديد في السنة الأخيرة للأقسام الستة السابقة. ولقد أعد مدير الإنتاج ثلاثة خطط ترتب بديلة للترتيب القائم، كما

أعد مصفوفة الحمولات والعلاقات (من – إلى) بين الأقسام استناداً للبيانات الأسبوعية المأخوذة عن الحمولات بين الأقسام. ولقد قدم مقترحه على أن يبقى القسم الجديد ورمزه (أ) في مكانه، وتوضع باقي الأقسام إلى جانبه كما في المخططات الآتية:

الخطة القديمة			
أ	ب	د	و
	جـ	هـ	ز

الخطة (I)			
أ	و	ز	د
	حـ	هـ	ب

الخطة (II)			
أ	ز	د	ب
	هـ	و	حـ

الخطة (III)			
أ	ب	حـ	ز
	د	و	هـ

ومصفوفة الحمولات هي التالية:

من \ إلى	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز
أ		5	-	-	10	-	10
ب			8	5	-	12	-
جـ				6	-	6	8
د					4	10	-
هـ						-	12
و							4
ز							

المطلوب:

اختيار الترتيب الأفضل، علماً أن وحدة المسافة تكلف 3 دينار.

الحل:

نحسب المسافة الكلية المقطوعة بين الأقسام للخطة القديمة والخطط المقترحة وذلك كما يلي:

العلاقات بين الأقسام	عدد الحمولات (ح)	الخطة القديمة		خطة I		خطة II		خطة III	
		المسافة م	المسافة م×ح	المسافة Iم	م$_1$ × ح	المسافة 11م	م$_2$ × ح	المسافة 111م	م$_3$ × ح
أ - ب	5	1	5	3	15	3	15	1	5
أ- هـ	10	2	20	2	20	1	10	3	30
أ- ز	10	3	30	2	20	1	10	3	30
ب- جـ	8	1	8	2	16	1	8	1	8
ب- د	5	1	5	1	5	1	5	1	5
ب- و	12	2	24	2	24	1	12	12	12
جـ - د	6	1	6	2	12	1	6	1	6
جـ - و	6	2	12	1	6	1	8	1	6
جـ - ز	8	2	16	1	8	2	16	1	8
د – هـ	4	1	4	1	4	1	4	2	8
د – و	10	1	10	2	20	1	10	1	10
هـ - ز	12	1	12	1	12	1	12	1	12
و – ز	4	1	4	1	4	1	4	1	4
المسافة الكلية			156		166		118		154

من الجدول أعلاه نلاحظ أن أفضل خطة هي رقم II، ويترتب على هذه الخطة مسافة كلية 118. وهي أفضل من الخطة الأولية القديمة والتي يترتب عليها مسافة كلية 156، واعتماد الخطة الجديدة يؤدي إلى توفير بالنفقات مقداره يحسب كما يلي:

الوفـر في التكاليف = تكاليف الخطة الأولية – تكاليف الخطة المقترحة

= (3 × 156) – (3 × 118)

= 668 – 354

= 114 دينار/أسبوع

أما تكاليف كل خطة فيحسب كما يلي:

تكاليف الخطة القديمة = 156 × 3 = 468

تكاليف خطة 1 = 166 × 3 = 498

تكاليف خطة 2 = 118 × 3 = 354 وهي أقل تكاليف ممكنة.

تكاليف خطة 3 = 145 × 3 = .435

2-3- مقايس الأهمية النسبية

إن مقياس الأهمية النسبية في ترتيب الأقسام هو طريقة نوعية تقوم على اعتماد عوامل نوعية غير قابلة للقياس الكمي بسبب التباين في وحدة القياس، وبخاصة عندما تتدخل تفضيلات الإدارة في وضع بعض الأقسام قريبة من أقسام أخرى وقريبة من الإدارة لأسباب خاصة. كما أن هناك أسباباً فنية تمنع أو تتطلب قرب بعض الأقسام من بعضها.

والخطوات الأساسية لقياس الأهمية النسبية الآتية:

1- تحديد العلاقات المحتملة بين الأقسام، ووضع قائمة بالأقسام، وتحديد تفضيلات الإدارة حول موقع الأقسام.

2- وضع مقياس الأهمية النسبية لقرب الأقسام من بعضها، وتحديد سبب قرب الأقسام من بعضها.

3- وضع مخطط العلاقات بين الأقسام (خارطة العلاقات).

4- إجراء تقييم دقيق للعلاقات، وتحديد مواقع الأقسام حسب الأهمية النسبية، مع الأخذ بالحسبان أن سبب القرب هو خفض تكاليف المناولة، وتخفيف الازدحام والتقاطع.

مثال (7-4):

الجدول أدناه يبيّن العلاقات وتكرارها بين الأقسام السبعة الموجودة في الشركة:

إلى / من	1	2	3	4	5	6	7	المجموع
1		18	-	13	11	6	-	48
2			16	-	-	-	-	16
3				21	-	7	-	28
4					12	8	-	20
5						-	19	19
6							20	20
7								-
مجموع		18	16	34	23	21	39	

(1) مقياس الأهمية النسبية	
الرمز	**تقييم القرب**
أ	جوهري
ب	مهم جداً
جـ	مهم
د	عادي
هـ	غير مهم

(2) سبب القرب (الأهمية)	
الرمز	**تقييم القرب**
1	فنياً
2	تكرار الاستخدام لأجهزة المناولة
3	أهمية عالية للاتصال
4	تقاسم نفس المكان
5	استخدام عداد مشتركة

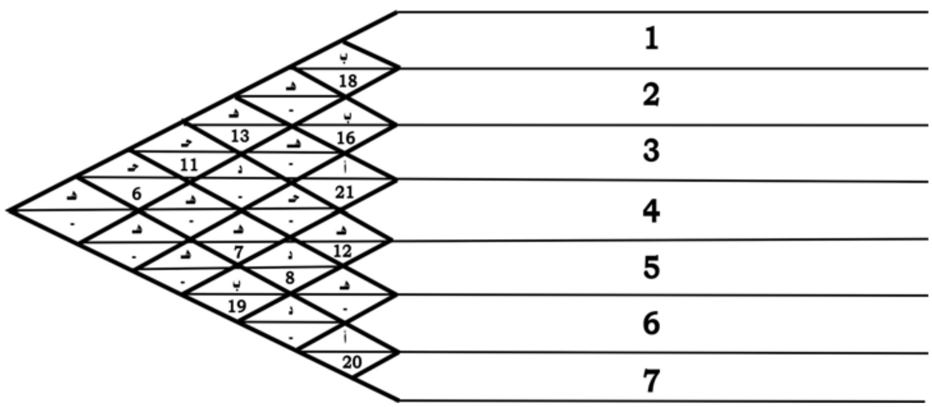
أما المواقع المتاحة لترتيب الأقسام فهي كما في الشكل الآتي:

<table dir="rtl">
<tr><td rowspan="2">بناء
(1)</td><td>بناء (2)</td><td>بناء (3)</td><td>بناء (4)</td><td rowspan="2">بناء
(5)</td></tr>
<tr><td colspan="2">بناء (6)</td><td>بناء (7)</td></tr>
</table>

المطلوب: ترتيب الأقسام باستخدام طريقة مقياس الأهمية النسبية.

الحل:

نرسم طريقة العلاقات استناداً لمصفوفة العلاقات ومقياس الأهمية النسبية وسبب القرب كما يلي:



وبعد إجراء عدة خطط تجريبية نختار أفضلها، وفي هذه الحالة فإن خطة الترتيب المناسبة هي الآتية:

<table dir="rtl">
<tr><td rowspan="2">3</td><td>4</td><td>1</td><td>6</td><td rowspan="2">7</td></tr>
<tr><td colspan="2">2</td><td>5</td></tr>
</table>

خوارزمية كرافت CRAFT Algorithm:

تعرف هذه الخوارزمية بأسلوب التخصيص النسبي للتسهيلات بالحاسبة Computerized Relative Allocation Of Families Technique، وهي أداة تجريبية تستخدم بمساعدة الحاسوب، وتسعى للوصول إلى الحل المعقول (ليس الأمثل).

إن مدخلات خوارزمية كرافت هي مصفوفة تكاليف الحركة بين الأقسام والخطة الاولية للترتيب (الترتيب الحالي أو الترتيب المقترح). وتفترض هذه الخوارزمية أن الحركات بين الأقسام تسلك خطوطاً مستقيمة على أن ننطلق من الترتيب ذو الكلفة الأقل، وبعد ذلك تجري المبادلات بين الحلول المتاحة حتى نصل إلى الترتيب الأفضل.

تستطيع هذه الخوارزمية بمساعدة الحاسوب حل مشكلات ترتيب في حالة وجود (40) قسماً أو مركز عمل[1] . وبخاصة إذا ما تم خفض عدد الترتيبات الممكنة في حالة استخدام التشكيلات المحدودة للمبادلات البينية بين قسمين أو ثلاثة أقسام.

تقوم خوارزمية Kraft على الخطوات الأساسية الآتية، انظر الشكل (7-1):

1- إعداد مدخلات الخوارزمية (بيانات عدد الأقسام، شكل البناء، المسافات، عدد الحركات)، والترتيب الأولي للأقسام.

2- وضع تقديرات عن تكاليف المخرجات والمعلومات الأخرى ذات العلاقة.

3- تحديد عدد التشكيلات أو الترتيبات الممكنة، واختيار الترتيب ذو الكلفة الأقل.

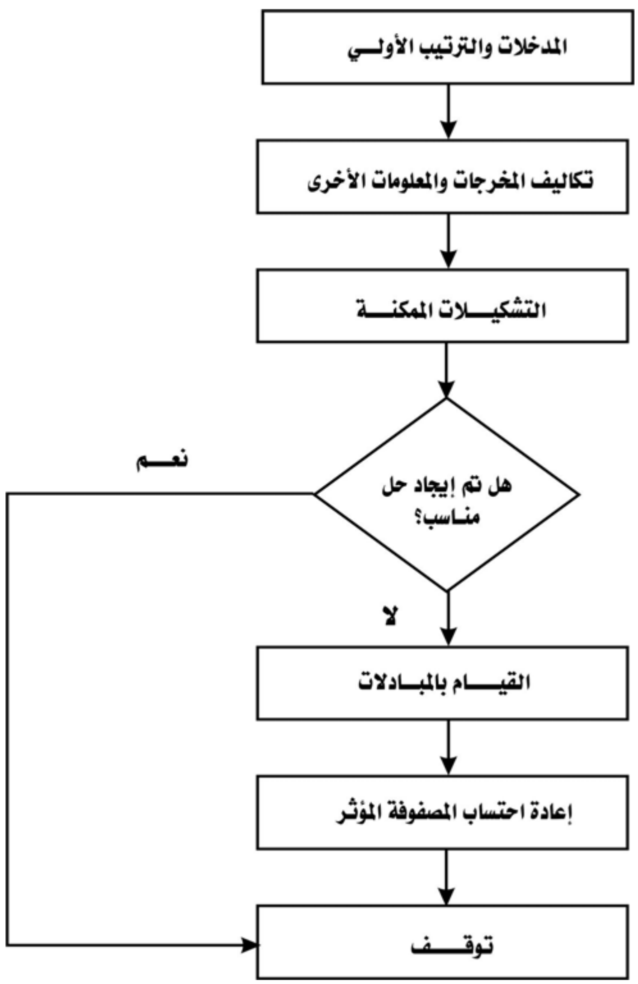
---

[1] E.S. Buffq, Modern Production and Operations Management, John. Willy & Sons, New York, 1983.

4- إذا تم إيجاد الترتيب الأفضل تتوقف الإجراءات، وإذا لم تكن الترتيبات الممكنة المحسوبة مناسبة يتم إعداد ومبادلات أخرى بين الأقسام.

5- إعادة احتساب المصفوفات الخاصة بالمسافات والتكاليف.

6- إعادة الخطوتين (2) و (4) وهكذا.



الشكل (7-1) مخطط إجراءات خوارزمية CRAFT

مثال (7-5):

شركة الفرات لتجميع الآلات الزراعية لها ثلاثة أقسام (أ، ب، جـ) لإنتاج القطع، والمسافات بين هذه الأقسام بالأمتار، والتكاليف بالدينار، وكما هو موضح في الجدولين الآتيتين:

جدول المسافات (أمتار)

من \ إلى	أ	ب	جـ
أ	-	200	200
ب	100	-	150
جـ	100	150	-

جدول التكاليف دينار

من \ إلى	أ 1	ب 2	جـ 3
أ 1	-	40	70
ب 2	50	-	80
جـ 3	60	30	-

والشركة تنتج الجزء (1) في القسم (أ) والجزء (2) في القسم (ب) والجزء (3) في القسم (جـ)، وتدخل هذه الأجزاء إلى الأقسام الأخرى لإتمام العمليات عليها.

الحل:

نعد مصفوفة الكلفة × المسافة لحساب تكاليف مناولة المواد وذلك بضرب جدول المسافات بجدول التكاليف كما يلي:

$$\begin{vmatrix} 14000 & 8000 & - \\ 12000 & - & 5000 \\ - & 4500 & 6000 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 70 & 40 & - \\ 80 & - & 50 \\ - & 30 & 60 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} 200 & 200 & - \\ 150 & - & 100 \\ - & 150 & 100 \end{vmatrix}$$

وتكون الكلفة الكليـة = 8000 + 14000+5000+12.000+6000+4500

= 49.500 دينار.

بعد ذلك نقوم بمبادلة مواقع العمليات.

3. نموذج الترتيب حسب المنتج (تحليل الفعالية)

يتم اعتماد النماذج الرياضية في تحليل الترتيب على أساس السلعة بهدف إيجاد أفضل تقسيم للعمليات المتتابعة، وتحديد الأنشطة أو الأعمال التي ستنجز في كل عمل ووضعها في مراكز، بحيث تحقق أعلى استخدام للأيدي العائلة والآلات والمعدات والمساحات الداخلية، وكذلك تقليص الوقت الضائع إلى أقل حد ممكن شرط أن لا يؤثر ذلك على المتطلبات الإنتاجية الفنية والتكنولوجية للعمليات الإنتاجية.

تتناول عملية تحليل الترتيب الداخلي حسب المنتج، مسألتين أساسيتين وهما:

أ- تحديد عدد محطات العمل (الآلات، العمال) في القسم الذي يتحقق معه أفضل كفاية اقتصادية لاستغلال الطاقة الإنتاجية.

ب- تحديد الانشطة (العمليات) وتتابعها المنطقي (العملية التكنولوجية) وتسلسل مرورها على محطات العمل والوقت اللازم لإنجاز كل نشاط (عملية).

تعتمد طرائق التحليل للترتيب الداخلي حسب المنتج على مبادئ التحليل الشبكي (Network Analysis) على الخطوات التالية:

1- حساب وقت الدورة: الوقت الذي يصبح فيه المنتج متاحاً في كل محطة عمل أو مركز إنتاج وذلك وفق الصيغة الرياضية الآتية:

$$C = \frac{\mathbf{T}}{\mathbf{O}}$$

حيث أن:

C = وقت الدورة	The Required time
t = الوقت المتاح للإنتاج/يومياً	Production Time Per/day
O = كمية الإنتاج المطلوب/ يومياً	Required Output Per/ day (In units)

2- حساب الحد الأدنى النظري لعدد المحطات، وذلك وفق الصيغة الرياضية الآتية:

$$NT = \frac{T}{C}$$

حيث أن:

N1 = عدد المحطات نظرياً، الحد الأدنى — The theoretical Minimum number of Workstations

T = مجموع أوقات المهمة — Sum of task times

3- حساب كفاية الخط الإنتاجي، وذلك وفق الصيغة الرياضية الآتية:

حيث أن :

$$E = \frac{T}{Na \times C}$$

E = الكفاية — Efficiency

Na = العدد الفعلي للمحطات — Actual number of workstations

4- تحسين كفاية الترتيب حسب الخطوات الآتية

أ- تخفيض عدد محطات العمل اللازمة لإنجاز المهمات على أساس وقت الدورة النظري، وهو أطول وقت دورة. ونوزع المهمات على المحطات بحيث يتم أشغال المحطة أطول وقت ممكن، وذلك في حالة كان ذلك ممكن فنياً، أي على أساس مراعاة مبدأ الأولوية الفنية في الترتيب (التسلسل المنطقي للعمليات).

ب- استثمار الوقت المتبقي من المحطة الباقي عن تخصيص المهمات السابقة. فإذا كان الوقت المتبقي كافٍ لإنجاز مهمة اخرى في نفس المحطة، فإنه يتم تخصيص هذا الوقت لهذه المهمة مع مراعاة مبدأ الأولوية. أما في حالة عدم كفاية الوقت المتبقي لإنجاز مهمة أخرى نعود ونخصص محطة جديدة، وهكذا حتى ننهي تخصيص جميع العمليات والمهمات على المحطات.

ج- مراعاة القواعد الآتية:

1- تخصيص العمليات حسب التعاقب الذي تظهر فيه في خط الإنتاج وجمعها في مراكز العمل شريطة أن يكون وقتها أقل أو يساوي وقت الدورة في أي مركز عمل أو محطة.

2- اختيار العملية ذات الوقت الأكبر الذي يتلاءم مع وقت الدورة لمركز العمل.

3- اختيار العملية التي تليها أو تسبقها عملية تتلاءم عند جمعه مع وقت الدورة.

4- مراعاة الشروط الفنية في جمع العمليات، فهناك حالات لا يمكن جمع العمليات فيها لأسباب فنية.

مثال (7-5):

بفرض أن البيانات الفنية المتعلقة بإنتاج تلفزيون ملون هي كما واردة في الجدول التالي:

محطات العمل	النشاط المراد إنجازه	الوقت اللازم للنشاط (دقيقة) T	النشاط السابق	ملاحظات
1	أ	10	-	
2	ب	10	أ	
3	ج	20	أ	
4	د	11	ب	
5	هـ	4	ب	
6	و	15	ج، د	
7	ز	7	هـ	
8	ح	8	و، ز	
9	ط	15	ح	
المجموع	9	100		

وعدد ساعات العمل اليومية 14 ساعة، وكمية الإنتاج المطلوبة 40 تلفزيون/يومياً.

المطلوب:

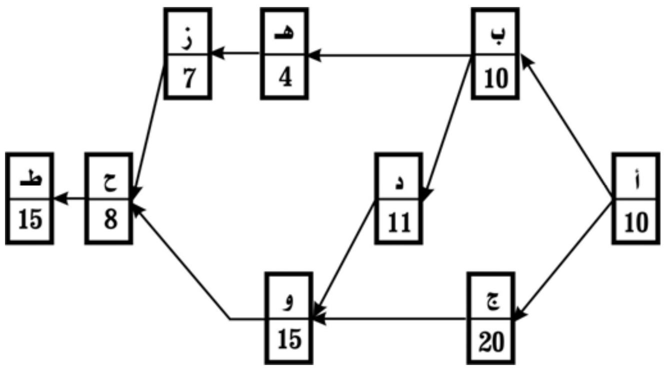
1- تحديد الترتيب الفني الأفضل لمرور الأنشطة على المحطات.

2- تحديد عدد المحطات (الآلات/العمال) الاقتصادي.

3- حساب كفاية خط الإنتاج قبل وبعد تحليل الفعالية.

الحل:

1- الترتيب الفني الأولي:



2- تحديد عدد المحطات الاقتصادي، ويتم ذلك من خلال العلاقات التالية:

أ- حساب وقت الدورة المتاح:

$$C = \frac{T}{O} \quad \frac{14 \times 60}{40} = 21 \text{ دقيقة}$$

أي يجب أن يكون وقت المحطة مشغول إلى أقصى حد ممكن من الوقت. أي يجب أن يكون ≥ 21 دقيقة. وكلما قل زمن أشغال المحطة عن (21) دقيقة زاد الهدر في الوقت، وبالتالي انخفضت الفاعلية.

ب- حساب عدد المحطات نظرياً:

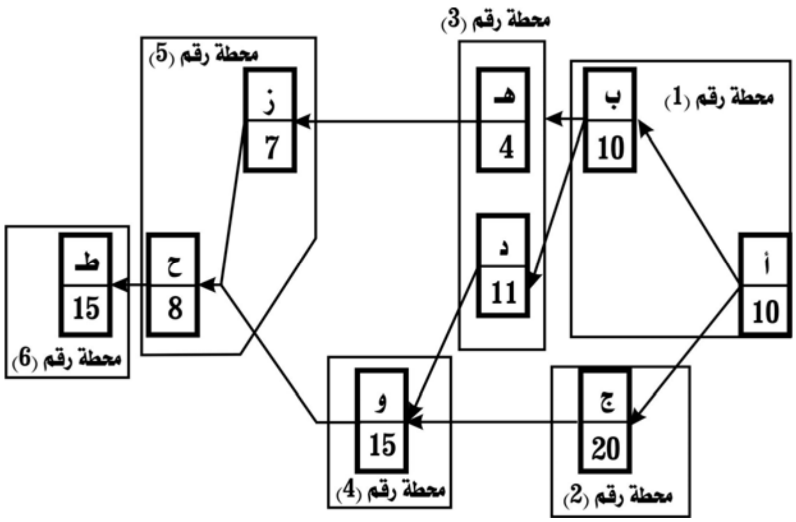
$$N_t = \frac{T}{C} = \frac{100}{21}$$

$$= 4.7 \approx 5 = \text{محطات}$$

ج- حساب كفاية الخط نظرياً:

$$E = \frac{T}{N+ X C} = \frac{100}{21 X 5} = \%95$$

د- حساب كفاية الخط فعلياً وذلك بعد إجراء تعديل مناسب على الترتيب الداخلي مع الأخذ بالحسبان لوقت الدورة الفعلي (21) دقيقة.



الترتيب الفني النهائي

$$E = \frac{T}{Na \times C} = \frac{100}{6 \times 21}$$

$$= \% \ 79.3$$

نلاحظ الفرق بين الترتيب الأولي والترتيب النهائي من خلال الجدولين التاليين:

المحطات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	المجموع
الأنشطة	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط	9
الأزمنة المتاحة	21	21	21	21	21	21	21	21	21	189
الأزمنة المستخدمة	10	10	20	11	4	15	7	8	15	100
الوقت غير المستغل	11	11	1	10	17	6	14	13	6	89

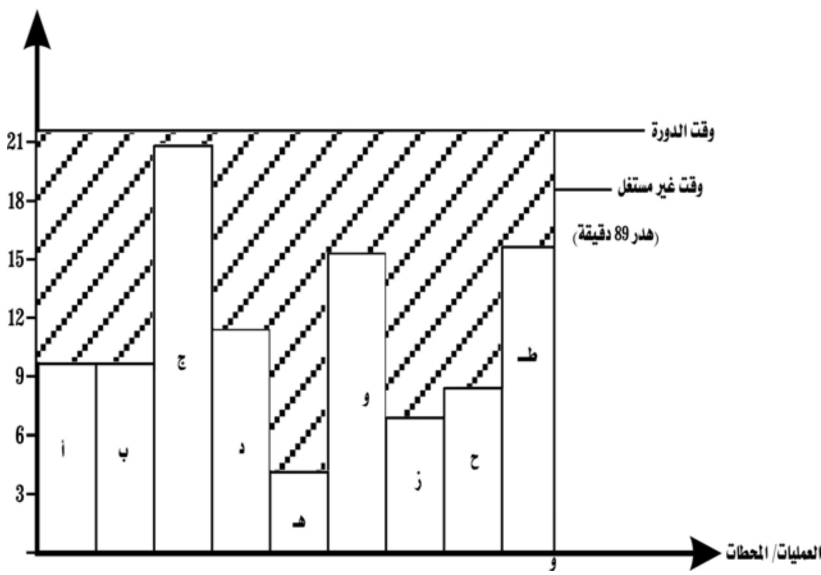
(أ)   جدول الترتيب الأولي

المحطات	1	2	3	4	5	6	المجموع
الأنشطة	أ،ب	ج	د،هـ	و	ز،ح	طـ	9
الأزمنة المتاحة	21	21	21	21	21	21	126
الأزمنة المستخدمة	20	20	15	15	15	15	100
الوقت غير المستغل	1	1	6	6	6	6	26

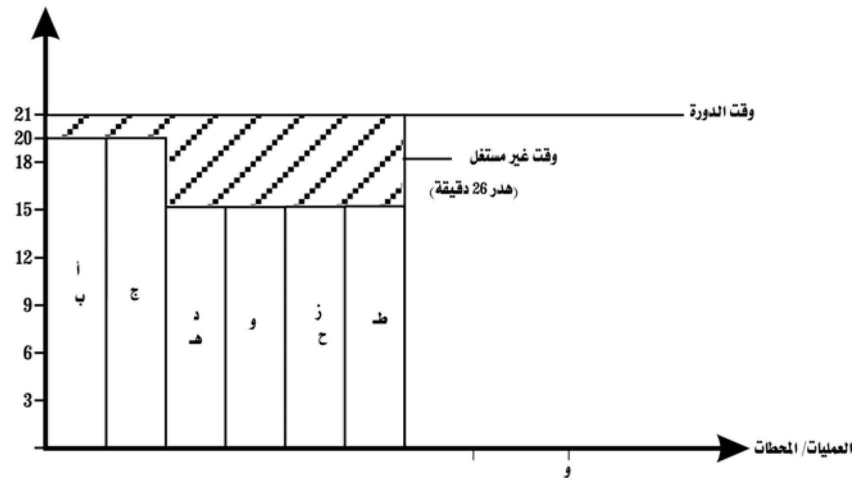
(ب) جدول الترتيب النهائي

ويمكن توضيح الفرق بين الترتيب الأولي والترتيب النهائي بيانياً كما في الشكـل (7-2).

شكل (7-2) الفروقات بين الترتيب الأولي والنهائي



شكل (أ) الترتيب الأولي



شكل (ب) الترتيب الأولي

3-2- طريقة الوزن الموضعي الترتيبي

Ranked Positional Weight Method

تعد هذه الطريقة من الطرق التجريبية المستخدمة في تحقيق توازن خطوط الإنتاج وزيادة الفاعلية، وتقوم على الوزن الموضعي لكل عملية ونحسب الوزن الموضعي كما يلي:

الوزن الموضعي للعملية = وقت العملية + أوقات العمليات التي تتبعها.

والخطوات الأساسية لهذه الطريقة هي الآتية:

1- تحديد الوزن الموضعي لكل عملية.
2- إعادة ترتيب العمليات تنازلياً حسب أوزانها الموضعية.
3- تحديد وقت الدورة في الخط.
4- تخصيص العمليات على مراكز العمل حسب الوقت الموضعي الأعلى، ثم تضاف الأوقات الموضوعية إلى بعضها حتى يستنفد وقت الدورة في مركز العمل مع المحافظة على محدد الأسبقية، وبعد ذلك يتم الانتقال إلى مركز عمل لاحق حتى تستنفذ كل العمليات.

مثال (7-7):

نعود للمثال (7-6) ونطبق طريقة الوزن الموضوعي الترتيبي على بياناته.

الحل:

من المثال السابق نرى أن وقت الدورة هو (21) وعدد المحطات نظرياً (5)، ونعد جدول الوزن الموضعي كما يلي:

العملية (النشاط)	**أ**	**ب**	**جـ**	**د**	**هـ**	**و**	**ز**	**ح**	**ط**
وقت العملية	10	10	20	11	4	15	7	8	15
الوزن الموضعي	100	90	80	60	49	45	30	23	15
العملية التي تسبق	-	أ	أ	ب	ب	ج، د	هـ	و، ز	خ

احتساب العدد الأولي لمراكز العمل:

مركز العمل	العملية	الوقت	الوقت العاطل
1	أ، ب	20 = 10+10	1
2	حـ	20	1
3	د، هـ	15 = 4+11	6
4	و	15	6
5	ز ، ح	15 = 8 + 7	6
6	طـ	15	6
المجموع		100	26

نلاحظ أن هذه الطريقة أوصلتنا إلى نفس النتائج السابقة، وكما يلي:

* عدد المحطات (6) وهي:



* مجموع الوقت العاطل (26) = 1 + 1 6 + 6 + 6 + 6

* الكفاءة هي 79.3% = $\frac{100}{21\times 6}$

4- تخطيط الطاقة الإنتاجية: Capacity Planning

1-4- مفهوم الطاقة الإنتاجية

تعرف الطاقة الإنتاجية للمنظمة بأنها أقصى مقدار من الوحدات المنتجة لهذه المنظمة خلال فترة زمنية معينة، وعملياً نميز بين أنواع كثيرة من مستويات الطاقة وذلك كما يلي:

مستويات الطاقة الإنتاجية	الخصائص
الطاقة النظرية أو الهندسية	هي قدرة المنظمة على الإنتاج بأقصى سرعة وبدون انقطاع خلال جميع أيام السنة (365 ÷ 365)يوم، وتمثل استخدام الإمكانات البشرية المتوفرة استخداماً كاملاً أي بنسبة (100%).
الطاقة العملية أو المتاحة	تعادل (75-85%) من الطاقة النظرية، وذلك بسبب تأثير عوامل عديدة منها: أ- اختلاف مستويات الكفاءة لدى العاملين. ب- غياب العاملين. ج- العطلات والتوقفات المختلفة في المصنع. د- مشكلات تأخير وصول المواد والصيانة والأعطال.
الطاقة الفعلية	يتحدد مستواها حسب ظروف السوق وحالات المنافسة، وحجم الطلب، وتقديرات الأسعار. أي أنها تمثل الحجم الفعلي للمنتجات خلال فترة زمنية نتيجة استغلال عدد معين من آلات ومعدات الإنتاج وقوة عمل محددة (ما استغل فعلاً من الطاقة المتاحة).
الطاقة الاعتيادية	يتحدد مستواها بنسبة 75% من الطاقة النظرية على أن يؤخذ بالحسبان حداثة تجهيزات المنظمة، وتغيرات الطلب، وحجم المبيعات في الفترة السابقة. أي أنها تقوم على أسس الموازنة بين طاقة المنظمة من جهة وحجم المبيعات والطلبات المقدمة على المنتج من جهة أخرى.

أما مفهوم تخطيط الطاقة الإنتاجية فيقصد به الموازنة بين المواد المتاحة للمنظمة أو الوحدة الإنتاجية من جهة وبين العب الناشئ نتيجة الطلب على منتجات تلك الوحدة من جهة ثانية وهذه الموازنة تتطلب القيام بالإجراءات التالية:

أ- تخطيط مستويات الطاقة الإنتاجية المطلوبة في كل وحدات الإنتاج، وتحديد عدد الآلات وقوة العمل المطلوبة من أجل تحقيق جدولة الإنتاج الرئيسية.

ب- السيطرة على مستويات الأجزاء تحت التشغيل من خلال تنظيم معدلات إطلاق الأوامر إلى خطوط الإنتاج.

ج- تقليص المهل الزمنية الصناعية من خلال تقليص الوقت الضائع الذي يهدر في انتظار الآلة، أو مكان العمل.

د- ايجاد الموازنة بين طول صفوف الانتظار وعملية إبقاء الآلات والعاملين في حالة عمل مستمرة.

ه- تحديد مقدار العبء الذي يجب أن يحوّل إلى مراكز الإنتاج البديلة من أجل تقليل العبء الكلي في المركز المحوّل منه، واستغلال الطاقة الفائضة في المركز المحوّل له.

و- تحديد الأوامر التي يستلزم إطلاقها مبكراً لمنع حدوث الوقت غير المنتج للعاملين والمكائن على حد سواء.

ز- تخطيط تتابع إنجاز العلميات في كل مركز من مراكز الإنتاج، وتزويد مشرفي العمل بقائمة تتابع الأعمال.

ح- إعطاء التقديرات الدقيقة حول إكمال الأوامر.

2-4- الطاقة الإنتاجية في حالة الترتيب حسب العمليات

يتم تخطيط الطاقة الإنتاجية لوحدة إنتاجية في حالة الترتيب الداخلي حسب العملية، وذلك بحساب الطاقة الإنتاجية لكل قسم متخصص بشكل مستقل عن بقية الأقسام الأخرى، ودون أن تأخذ مسألة توازن الطاقات المختلفة لعناصر الإنتاج الآلية والبشرية بالحسبان وكذلك وسائل المناولة والتوقفات الطارئة والمخططة لعناصر الإنتاج المختلفة.

مثال (7-8):

يحتوي المصنع الحديث للتعدين أربعة أقسام إنتاج مختلفة وكل قسم من هذه الأقسام يتألف من مجموعة من الآلات ذات الوظيفة التكنولوجية الواحدة، لكن لكل قسم طاقة إنتاجية خاصة به، والجدول التالي يوضح جميع البيانات المتعلقة بالطاقة الإنتاجية للأقسام والآلات التي تتكون منها.

الأقسام	قسم الخراطة (م2)	قسم البرادة (م2)	قسم الشطف (م2)	قسم الصقل (م2)
الآلات وطاقتها الإنتاجية (م2)/ ساعة	40	30	25	80
	20	80	25	80
	60	20	50	-
	-	10	10	-
	-	10	-	-

المطلوب:

حساب الطاقة الإنتاجية لكل قسم علماً أن الآلة رقم (2) في قسم الخراطة تتوقف (2) ساعة/ يوم، والآلة رقم (3) في قسم الشطف تتوقف (4) ساعة/يوم، والمصنع يعمل بنظام عمل (24/16) ساعة/يوم.

الحل:

الطاقة الإنتاجية لهذا المصنع تحسب على الشكل التالي:

أ- الطاقة الإنتاجية لقسم الخراطة = الوقت المتاح لكل آلة× طاقة الآلة الفعلية

= (16×40) + (20/14) + (60×16)

= 1880م2/يوم

ب- الطاقة الإنتاجيــة لقسم البرادة = (30×16) + (80×16) + (20×16) + (20×16) + (10×16) + (10×16) = 2400 م2/ يوم.

ج- الطاقـة الإنتاجيـة لقسم الشطف = (25×16) + (25×16) + (50×12) + (10×6) = 1560 م2/ يوم

د- الطاقة الإنتاجية لقسم الصقـــل = (80×16) + (80×16)

= 2560م2

3-4 الطاقة الإنتاجية في حالة الترتيب حسب المنتج

يتم تخطيط الطاقة لوحدة إنتاجية في حالة الترتيب الداخلي حسب المنتج وذلك بحساب الطاقة الإنتاجية للوحدة أو الخط أو القسم انطلاقاً من أضعف آلة أو محطة أو عنصر بشري فيه. أي من نقاط اختناق الأقسام، لأن الطاقة الإنتاجية تتوقف على مسألة توازن الطاقة المأخوذة من أقل طاقة متاحة في الخط، بالإضافة إلى مسألة طاقة وسائل المناولة داخل الخط أو الوحدة الإنتاجية وكذلك كفاءة المحطات والآلات والعنصر البشري لتلك الوحدة الإنتاجية.

مثال (7-9):

يحتوي المصنع (العربي للأسمنت) على أربعة خطوط إنتاج هي (أ، ب، ج، د)، وكل من هذه الخطوط يتكون من عدد من الآلات ذات الطاقة الإنتاجية المختلفة وذلك كما هو موضح في الجدول التالي:

الخطوط	الطاقة الإنتاجية لكل آلة/ بالطن/ ساعة					
	1	2	3	4	5	6
خط أ	40	40	50	30	-	-
خط ب	20	40	20	18	20	30
خط ج	25	30	30	25	20	15
خط د	10	10	10	-	-	-

المصنع يعمل لمدة (24/24) ساعة، والطاقة الإنتاجية لوسائل النقل (المناولة) في الخطوط هي على الشكل التالي:

أ/40 طن/ ساعة، ب/40 طن/ساعة، ج/30طن/ساعة، د/8طن/ساعة.

المطلوب:

حساب الطاقة الإنتاجية لهذا المصنع إذا علمت أن الخطوط تنتج نفس السلعة، والخط (ج) تتوقف فيه الآلة رقم (5) 8 ساعات يومياً. والخط (أ) يعمل بكفاءة 90%، والخط (ب) يعمل بكفاءة 95%، والخط (ج) يعمل بكفاءة 80%، والخط (د) يعمل بكفاءة 70%.

الحل:

نحدد نقطة الاختناق (أضعف محطة) في كل خط وعلى أساسها نحسب الطاقة الإنتاجية:

الخطوط	نقطة الاختناق	الزمن المتاح	الطاقة الإجمالية للخط طن/يوم × الكفاءة
خط أ	30 محطة (4)	24	648 = %90 × 720
خط ب	18 محطة (4)	24	410 = %95 × 432
خط ج	15 محطة (6)	16	192 = %80 × 240
خط د	8 وسائل النقل	24	134.4 = %70 × 192
المجموع الطاقة الإنتاجية للمصنع طن/يوم			1058.4

كما هو ملاحظ فإن الطاقة الإنتاجية تأثرت بمسألة توازن الخط ومسألة وسائل النقل ومشكلة توقف أحد المحطات في الخط.

أسئلة ومسائل الفصل الثامن

1- ما هي عناصر الوقت في النظام الإنتاج؟

2- كيف يمكن السيطرة على عناصر الوقت في النظام الإنتاجي؟

3- بيّن تأثير وقت الانتظار المؤقت waiting time ووقت إعداد الآلات Setup time على تكاليف الإنتاج.

4- ما هي عناصر الهدر في وقت العمال؟

5- كيف يمكن لمدير الإنتاج حل مشاكل الهدر في وقت العمل؟

6- ما هي عناصر الهدر في وقت الآلات والتجهيزات الإنتاجية؟

7- وضّح أهمية أسلوب تحليل التدفق ونموذج الترتيب حسب العملية في تحقيق الكفاية الإنتاجية وبخاصة في وقت العمل.

8- وضّح أهمية أسلوب تحليل الفعالية (نموذج الترتيب حسب المنتج) في تحقيق الكفاية الإنتاجية وبخاصة في وقت الآلات والتجهيزات.

مسألة (1):

تتكون الشركة الأردنية للتعدين من ستة أقسام (ورشات) متخصصة بأعمال مختلفة ويوجد بينها علاقات عمل كما هو موضح في المصفوفة التالية:

إلى / من	1	2	3	4	5	6
1		4		2		
2	2		2		5	
3		2			5	
4			5			
5	5	1				2
6	3		8		1	

وهذه العلاقات تعبّر عن حركات النقل بين تلك الأقسام وكل حركة تكلف (5) دينار.

المطلوب:

1- تحديد الترتيب المناسب لأقسام الشركة الأردنية للتعدين والذي يخفض تكاليف النقل إلى أقل حد ممكن.

2- حساب التكاليف الإجمالية للنقل في الشركة.

مسألة (2):

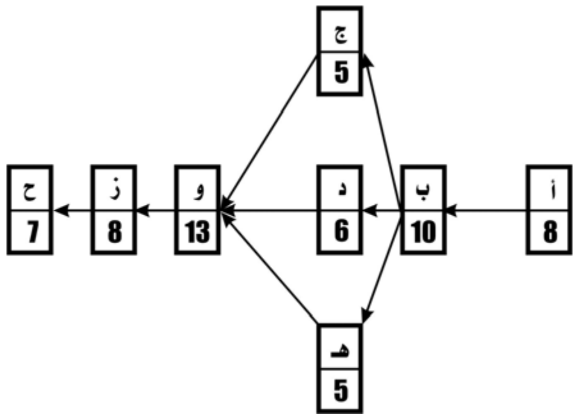
بالعودة إلى المسألة رقم (1) وبفرض أن تكاليف النقل والحركات بين الأقسام الستة للشركة الأردنية للتعدين كما هي مدرجة في مصفوفة التكاليف التالية:

من \ إلى	1	2	3	4	5	6
1		2	2	2		
2	4				4	
3		3			4	
4			5			
5		1				2
6	8		3		1	

المطلوب: تحديد الترتيب المناسب لهذه الأقسام وحساب إجمالي تكلفة النقل.

مسألة (3):

يتكون خط تجميع التلفزيونات الملونة في شركة MEC للصناعات الكهربائية من المحطات -وحسب الترتيب التكنولوجي- التالية:



والزمن المتاح 24/16 يوم، والإنتاج المطلوب (50) تلفزيون/يوم.

المطلوب: حساب الكفاية الإنتاجية الحالية، وإعادة ترتيب المحطات من أجل تحسين الكفاية إلى أقل حد ممكن.

مسألة (5):

يتكوّن مصنع التعدين الوطني من ثلاثة أقسام متخصصة بأعمال مختلفة وهي الخراطة، البرادة، الصقل وكل قسم يتضمن مجموعة من الآلات ذات الوظيفة التكنولوجية الواحدة مع اختلاف في طاقة كل منها، والمصنع يعمل بنظام (24/16) ساعة. والآلة الأولى في قسم الخراطة تتوقف (4) ساعة/يوم، والطاقة الإنتاجية لكل آلة موضحة في الجدول التالي:

الأقسام	الطاقة الإنتاجية لكل آلة م^2/ساعة					
قسم الخراطة (أ)	40	20	60	40	-	-
قسم البرادة (ب)	30	80	20	10	10	10
قسم الصقل (جـ)	25	25	50	50	50	-

المطلوب: حساب بالطاقة الإنتاجية اليومية لهذا المصنع، علماً أن كفاءة القسم (أ) هي 95% وكفاءة الخط (ب) 85% وكفاءة الخط (جـ) هي 90%.

مسألة (6):

يتكون مصنع للإسمنت من خطي إنتاج ولكل منهما تقنيته الخاصة، والطاقة الإنتاجية لكل منهما كما هي واردة في الجدول التالي:

الطاقة الإنتاجية طن/يوم	**محطة (1)**	**محطة (2)**	**محطة (3)**	**محطة (4)**	**محطة (5)**
الخط (أ)	50	60	50	60	40
الخط (ب)	80	80	120	60	-

المصنع يعمل (24/24) ساعة، والطاقة الإنتاجية لوسائل النقل (المناولة) في الخط (أ) هي (60) طن/ساعة، وفي الخط (ب) هي (50) طن/ساعة. وكفاءة الخط (أ) 90% وكفاءة الخط (ب) 95%، والمحطة (2) في الخط (أ) تتوقف (4) ساعات/يوم.

المطلوب:

حساب الطاقة الإنتاجية لهذا المصنع.

مراجـع الفصل الثامن

1- المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الـحامد للنشر، عمان 2000.

2- التميمي، حسين، إدارة الإنتاج والعمليات، دار اليمانية.

3- Chase, Richard B., and NichdasJ. Aquilano, Production and Operations Management, 7 thed. MC Graw Hill, New York, 1996.

4- N.Slack et al., Operations Management, Pitman Publishing, London, 1998.

5- W.J Stevenson, Production and Operations Management, Richard D. Irwin, 1996.

6- R.L. Francis et al., Facility layout and Pocations: An analylical Approach, Printice- Hall, Englewood Ctiffs, New Jersey, 1992.

7- E.Adam., Jr.and R. J. Ebert, Production and Operations Management, Printice- Hall of India. Private Lmd New Delhi, 1993.

8- Norman Gaither, Production and Operations Management, 6th ed. The Dryden Press, New York, 1995.

9- E.S. Buffa, Modern Production and Operations Management, John. Willy & Sons, New York, 1983.

الفصل التاسع

اقتصاديات وقت العمل

(تصميم نظام العمل)

العناوين الرئيسة:

1- اقتصاديات الحركة

1-1 مفهوم دراسة الحركة

1-2 خطوات دراسة الحركة

1-3 مبادئ دراسة الحركة

2- اقتصاديات الوقت

2-1 مفهوم دراسة الوقت

2-2 شروط دراسة الوقت

2-3 خطوات دراسة الوقت

3- وسائل تحسين الإنتاجية

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- شرح اقتصاديات الحركة (دراسة الحركة) وبيان خطواتها الأساسية، وعرض مبادئها.
2- شرح اقتصاديات الوقت (دراسة الوقت) وبيان خطواته الأساسية، وعرض دراسة الوقت.
3- عرض أهم وسائل تحسين الإنتاجية في المنظمة.

الفصل التاسع

اقتصاديات وقت العمل

(تصميم نظام العمل)

1. اقتصاديات الحركة (دراسة الحركة)

1-1- مفهوم دراسة الحركة Motion Study

تعرف دراسة الحركة بأنها التسجيل المنظم والفحص التحليلي الدقيق لطرائق العمل المقترحة بهدف تحديد الطريق العلمية أو المنهجية، واختيار الوسيلة الأكثر سهولة وفعالية في استغلال وقت الموارد البشرية والمادية في العملية الإنتاجية بكفاية.

تعد دراسة الحركة الأساس لتصميم نظام العمل من الناحية الفنية، وتلجأ الإدارة لها لتحقيق ما يلي:

- تحديد أفضل طريقة فنية ذات كفاية اقتصادية لأداء العمل والعملية المطلوبة، وبما يضمن التنسيق المتكامل بين مختلف العمليات المقررة الأداء.
- تنميط طرائق الأداء لاستخدام المواد والآلات والمعدات، وتحديد أعدادها وظروف عملها وتهيئة بيئة مادية مناسبة للعمل.
- توفير في الجهود البشرية من خلال التخلص من أكبر عدد ممكن من الحركات الإنسانية، وتخفيض الجهد غير الضروري من خلال الحركات التي يصعب التخلص منها، وجعل الحركات الضرورية أقل تعبا.
- تحسين استخدام القوى العاملة من خلال تدريبها على طريقة الأداء الجديدة، وكذلك تحسين استخدام الآلات والمواد.

1-2- خطوات دراسة الحركة

تقوم دراسة الحركة على الخطوات التالية:

أ - اختيار العمل الواجب دراسته تحديد المشكلة: أن أهم ما في هذه الخطوة هو تحديد الاعتبارات المتصلة بالعمل الواجب دراسته، وهذه الاعتبارات يجب ان تتوافر بالعمل المختار موضوع الدراسة، وهي التالية:

1- اعتبارات اقتصادية وهي:

- نقط الاختناق التي توقف العمليات الإنتاجية الأخرى.
- حركة المواد لمسافة طويلة بين العمليات أو الورش التي تنطوي على عدد كبير من الأجهزة والعمل .
- العمليات التي تنطوي على العمل المتكرر، والتي تستخدم عددا كبيرا من العمال والتي تستثمر لفترة طويلة.

2- الاعتبارات الفنية وهي:

- تحميل بعض الآلات، وقد يتطلب هذا تغير في الوسيلة يؤدي إلي زيادة إنتاجية المصنع والعمل، ولكن هناك أسباب فنية تمنع من إجراء هذا التغير وهذه المشكلة تتطلب استشارة أخصائي.
- الآلة التي تسبب نقط اختناق في الإنتاج باعتبار أنها تدار بسرعة أقل من سرعة الآلات الأخرى التي تعمل بكفاية، وهل تستطيع الإدارة أن تزيد من السرعة أو أن الآلة لا تستطيع أن تتحمل السرعة الكبيرة ؟ ومثل هذا المشكلة تحتاج إلى خبير في الآلات.

3- رد الفعل المنعكس لدى الأفراد:

لا يمكن التنبؤ برد الفعل لدى الأفراد أثناء وضع الدراسة لكن الخبرة تحل بعض أجزاء هذه المشكلة.

ب- تسجيل الحقائق حول طريقة أداء العمل الحالية :

إن نجاح الإجراء يتوقف على الدقة التي بمقتضاها تسجيل الحقائق باعتبار أنها تكون أساس الفحص الدقيق وتنمية الوسيلة المحسنة التي تستخدم في المستقبل، ولهذا يجب أن يكون التسجيل واضحا ومختصرا.

ويستخدم في تسجيل الحقائق وسائل متعددة وأكثرها استخداما خريطة العملية. خريطة العملية وهي عبارة عن تمثيل بياني لتتابع الخطوات التي تحدث في وسيلة العمل أو الإجراء، وتصنيفها باستخدام رموز على حسب طبيعة الخطوة وبذلك تعد وسيلة لتجسيم الإجراء بغرض تجسيده . والأنشطة الرئيسية في العملية هي :

التشغيل ، والتفتيش ، والنقل ، والتأخير أو التخزين المؤقت، والتخزين والأنشطة المجمعة.

1- ◯ التشغيل (العمليات) Operations : يحدث التشغيل عندما نغير في شئ ما من مميزاته المادية والكيماوية، أو إذا تم تجميعه من شئ آخر، أو تفتيشه أو إذا أعد لعملية أخرى للنقل أو التفتيش أو التخزين. وتتم العملية التشغيلية كذلك حين إعطاء تعليمات أو تلقّيها، أو حين القيام بالتخطيط، أو حين القيام بحساب تقديرات معينة .

2- ☐ التفتيش (المعاينة) Inspections : ويتم ذلك بفحص شئ ما للتحقق منه أو المراجعة من حيث الكم والنوع في أي جزء من أجزائه المميزة.

3- ⟵ النقل Transportation: ويحدث حينما يحرك شئ ما من مكان إلى آخر عدا التحركات في العملية التشغيلية التي يقوم بها العامل في مكان عمله أثناء عملية تشغيلية، أو أثناء الفحص والتفتيش. يستخدم هذا الرمز حينما تتداول المواد بين الأقسام الصناعية أو تنقل في ناقلات أو تخزن أو توضع في دواليب (خزن على الأرصفة).

4- **D** التأخير أو التخزين المؤقت Delay: وذلك حينما لا تسمح الظروف بالانتقال إلى الخطوة التالية.

5- التخزين ▽ storage : يتم في حالة الاحتفاظ بالشيء وحمياته من النقل غير المصرح به من المسئولين بعكس التخزين المؤقت.

6- الأنشطة المجمعة ▣ يتم ذلك حينما يتطلب الأمر إظهار أنشطة تؤدى في نفس الوقت من قبل عامل واحد في نفس محطة العمل، لهذا فإن هذه الرموز تستخدم لتبيّن ضم العملية التشيغلية مع التفتيش.

7- ◎ عملية إنتاجية (تشغيل).

8- ◎ عملية إنتاجية (تجميع أو تعبئته).

وهذه الرموز توضع مع بطاقة مجرى العمل، الشكل (8-1).

شكل (8-1) خريطة العملية process chart

المصنع: 11|هـ
القسم: قسم التجميع 110|هـ
مجرى العمل لصنع تلفزيون
تاريخ : 10|10|2006

A ← ○ العمليات (عملية إ نتاجية)
B ← النقل
C ← □ فحص والمعاينة
D ← D تخزين مؤقت
E ← ▽ تخزين

بيانات إجمالية						
العملية	إجمالي الزمن الفعلي	إجمالية الزمن الفعلي	انحراف	إجمالي المسافة المخططة	إجمالي المسافة المقطوعة	انحراف
A						
B						
C						
D						
E						

الرقم	العلميات(خطوات العمل)					المسافة بالأمتار		الزمن بالدقائق		العدد	وصف العمليات المنجزة (عمليات الإنجاز)	ملاحظات ومقترحات
	A	B	C	D	E	مخطط	فعلي	مخطط	فعلي			
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
..												
..												
N												
المجموع												

ج- فحص الحقائـق بدقة وتحليل الطريقة الحالية:

تنطوي هذه الطريقة على استخدام مجموعة من الأسئلة المقترحة المتتابعة بطريقة موضوعية، تستهدف معرفة الغرض من القيام بالأنشطة، والمكان الذي تنجز فيه، والتتابع الذي تتم بمقتضاه، والأفراد الذين يؤدونها والوسائل التي تستخدم في تنفيذها.

وبشكل عام فإن طريقة الأداء الحالية تدرس من خلال الإجابة على الأسئلة التي تغطي الجوانب الخمس التالية، وذلك بالتسلسل دون تقديم أي منها على الأخر وهي:

1- الغرض من العملية (أهداف العملية)	_ ما الذي يحدث؟ _ لماذا يحدث ؟ _ ماذا يمكن أن يحدث أيضا؟ _ ماذا يجب أن يحدث فعلا؟
2- المكان الذي تؤدى فيه العملية (الترتيب المكاني للعملية)	_ أين يحدث؟ _ لماذا يحدث؟ _ أين يمكن أن يحدث أيضا؟ _ أين يجب أن يحدث فعلا؟
3- التتابع أو الترتيب بين العمليات (الترتيب الزماني للعملية)	_ متى يحدث؟ _ لماذا يحدث؟ _ متى يمكن أن يحدث أيضا؟ _ متى يجب أن يحدث فعلا؟
4- الشخص الذي يؤدي العملية (الشخصية)	_ من الذي يقوم بالعمل؟ _ لماذا يقوم به هذا الشخص؟ _ من أيضا يمكن أن يقوم به؟ _ من الذي يجب أن يقوم به فعلا؟
5- الطريقة التي تؤدى بها العملية (الكيفية)	كيف تم هذا العمل؟ _ لماذا تم بهذه الوسيلة؟ _ كيف يمكن أن يتم أيضا؟ _ كيف يجب أن يتم فعلا؟

كما هو ملاحظ فإن جميع الجوانب المذكورة أعلاه تحلل بأربعة أسئلة:السؤال الأول: يبيّن الوضع الحالي. والسؤال الثاني: يناقش هذه الحقائق. والسؤال الثالث: يبحث عن بدائل للحقائق الحالية. والسؤال الرابع: يسأل عما يجب أن يتبع. وعليه يمكن دمج الأسئلة والمسائل المتعلقة بتحليل الطريقة الحالية بالجدول التالي:

الأسئلة وموضوعها المسائل	الوضع الحالي	السبب	البدائل	ما يجب أن يتبع
الغرض	ما هي العملية الإنتاجية	لماذا تؤدى	ماذا غير ذلك	ماذا يجب أن يعمل
المكان	أين تؤدى	لماذا في ذلك المكان	أين غير ذلك	أين يجب أن يعمل
التسلسل	متى تؤدى	لماذا عندئذ	متى غير ذلك	متى يجب أن تعمل
الشخص	من يؤديها	لماذا هذا الشخص	من غير ذلك	من يجب أن يؤديها
الطريقة أو الوسيلة	كيف تؤدى	لماذا بهذه الطريقة	كيف غير ذلك	كيف يجب أن تعمل

بعد الإجابة عن هذه الأسئلة يتم البدء بتحسين طريقة أداء العملية الإنتاجية من خلال ما يلي:

_ استبعاد الخطوات غير الضرورية في أداء العملية.

_ دمج بين أكثر من خطوة في عملية واحدة إذا كان ذلك ممكنا.

_ إعادة ترتيب الخطوات التي تؤدى بها العملية بشكل أفضل.

_ تعديل في بعض الخطوات بهدف تبسيط العملية الإنتاجية.

د- استنباط طريقة جديدة لأداء:

بعد الانتهاء من إعداد الطريقة الجديدة للأداء يتوجب على أخصائي الدراسة أن يعد تقريرا حول الطرائق الحالية والطرائق المقترحة، مبينا الأسباب لإجراء التعديلات المقترحة ومحددا بالتقرير ما يلي:

- التكاليف النسبية للمواد والعمل، والتكاليف الإضافية لكلا الطريقتين، والوفورات المتوقع تحقيقها في حالة تطبيق الطريقة المستنبطة.

- تكلفة تطبيق الطريقة الجديدة بما في ذلك أي أجهزة جديدة لازمة لذلك وجميع متطلبات هذا الطريقة.
- الإجراءات الإدارية والفنية اللازمة لتطبيق الطريقة الجديدة.

هـ- تطبيق الطريقة الجديدة كإجراء نمطي:

تعد هذه الخطوة من أصعب خطوات الدراسة، لأنها تتطلب تضافر جهود أخصائي الدراسة, والإدارة, والعاملين, وممثليهم لتطبيق ذلك، كما يتوجب تعاون أكثر من قسم داخل المصنع لوضع الطريقة موضع التنفيذ. مثل ضرورة تعاون قسم هندسة الإنتاج لتصميم المعدات والأدوات المطلوبة وقسم تخطيط الإنتاج وقسم رقابة الإنتاج، ويشترط أن يتم ذلك بفترة زمنية قصيرة جدا حتى لا يتم توقف الإنتاج.

و- المحافظة على الطريقة المقترحة بالمراجعة الروتينية المنظمة وتدريب العمال عليها, وذلك من خلال إعداد برنامج تدريب للعمال على الطريقة الجديدة حتى يتمكنوا من أن يلتزموا بها.

1-3- مبادئ دراسة الحركة:

هناك الكثير من المبادئ التي تبيّن أفضل الطرائق لدراسة الحركة وبالتالي تصميم نظام العمل واهم هذه المبادئ ما يلي:

1- يجب أن لا يؤدي العامل عمله بطريقة صعبة في حالة كان هناك طريقة أسهل، وهذا يتم من باتباع ما يلي:

أ- يجب أن يؤدي العمل آليا في حالة كان ذلك ممكن، وأن يحوّل العمل اليدوي إلي عمل آلي بقدر الإمكان، وضرورة التخلص من الحركات غير الضرورية وتقليص عدد الحركات الضرورية.

ب- يجب أن تقلل عمليات المناولة اليدوية ما أمكن، ويتم ذلك بإحضار المواد قريبا من الآلات ما أمكن ومن خلال أتمتة عملية المناولة والاستفادة من قوة الجاذبية في المناولة.

ج- وضع الأشياء في أماكن ثابتة ومعلومة لدى العامل حتى يقلل مشقة البحث عما يريد.

2- يجب أن يكون العامل مشغولا باستمرار وذلك باستعمال اليدين والقدمين ما أمكن.

3- يجب تخفيض التعب وذلك باتباع ما يلي:

أ- تجزئة العمل حسب الاختصاصات المتوفرة وإعطاء كل عامل اختصاصه.

ب- يجب وضع العامل في مكانه المناسب.

4- يجب توزيع القوة العضلية للعامل بين أجزاء الجسم المختلفة حسب إمكانية كل عنصر من أعضاء الجسم.

5- يجب عدم استخدام العامل لقوة العضلية بصورة مستمرة، أي وجوب استخدام العامل لقواه العضلية بصورة متقطعة.

2. اقتصاديات الوقت

1-2 مفهوم دراسة الوقت

تعرف دراسة الوقت بأنها الأسلوب الفني المستخدم لتحديد الوقت المعياري (معايير الإنتاج) اللازم لتنفيذ نشاط معين وفق مستوى أداء محدد عن طريق عدد من الملاحظات الشخصية والآلية. أي هي أسلوب فني لقياس العمل وتصميمه (تحديد كمية الوقت اللازم لأداء وحدة عمل معينة) من خلال قياس السرعة والجهد المطلوب لإنجازه.

ولقد ارتبطت دراسة الزمن والحركة بفريدريك تاليور1881[1]، وطورّها كل من فرانك وليليان جلبرث، وتهدف دراسة الزمن إلى تحديد الوقت القياسي (أو النموذجي) الذي تستغرقه علمية صناعية معينة يتم أداؤها من قبل عامل ذو كفاءة متوسطة، ويستخدم طريقة نمطية، ويعمل تحت ظروف عمل عادية. ويعرف هذا الوقت بالوقت النمطي للعملية time standard، وعلى أساسه يتم وضع معايير العملlabors standards التي تعد الأساس لتخطيط ورقابة العمليات والإنتاج في المنظمات.

وتظهر أهمية دراسة الوقت بالنسبة للمنظمة من خلال ما يلي:

1. تحديد محتويات العمل من العناصر التي يتم إنتاجها (تكلفة العمل).
2. تحديد حاجة المنظمة من الأفراد والآلات لتنفيذ البرنامج الإنتاجي.
3. تحديد تكاليف الإنتاج قبل البدء في العملية الإنتاجية (الأعمال المساعدة).
4. تحديد الأسس أو القواعد التي ترتكز عليها خطط الحوافز والأجر اللازم لكل من العمال المباشرين وغير المباشرين وتقييم كفاءة العاملين وكفاءة الأشراف في المنظمة.
5. تساعد في تخطيط ووضع جداول للعمليات الإنتاجية وفي إعداد الميزانية التقدرية.
6. تعد أساسا في عملية مراقبة تكاليف العمل بصفة عامة، وتساعد في تحديد التكاليف النمطية وتحديد درجة صلاحية الآلات للعمل بكفاية.
7. تعد أساسا في وضع الجداول اللازمة للتنسيق بين خطوط التجميع المختلفة.

---

[1] Hezer j., Render B., Production operations Management (1996) p. 505.

2-2- شروط دراسة الوقت

يشترط لإنجاح عملية دراسة الوقت وبالتالي تحديد معايير العمل أن تتوافر الشروط التالية:

- علاقات إنسانية جيدة داخل المنظمة. فدراسة الوقت لا يمكن اعتبارها بديلا للإدارة الجيدة إذا لا تخرج عن كونها إحدى أدوات الإدارة التي يمكن أن تستخدم للحصول على نتائج معينة.
- يجب أن تتم دراسة الوقت بعناية كبيرة وكياسة واهتمام بحيث لا تؤدي نفوز العاملين موضوع الدراسة من عملية دراسة الوقت، أو تؤدي إلى معارضتهم لها.
- يجب على أخصائي الدراسة توضيح دوره للإدارة وعلى الإدارة أن تساعد في دراسة جميع المستويات الإدارية من الأعلى إلى الأدنى ودون استثناء.
- يجب على الأخصائيين أن يكتسبوا تعاضد رؤساء العمال والمشرفين وتعاون العاملين في دراستهم، وصولاً إلى نتائج جيدة ومعايير مناسبة للأداء.
- ضرورة اكتساب رضى العاملين من قبل الإدارة ليتجاوبوا مع الدراسة.

3-2 خطوات دراسة الوقت steps of a stop wash time study

كما سبق وأشرنا فإن الهدف من دراسة الوقت هو وضع معايير العمل (الوقت الذي يستغرقه العامل كمعدل للقيام بنشاطات عمل محددة في ظل ظروف عمل اعتيادية) ولدراسة الوقت يجب اختيار الطريقة المناسبة لأن الطريقة المستخدمة في دراسة الوقت تختلف حسب نوع المعلومات المطلوبة وحسب طبيعة العملية الإنتاجية نفسها. وبشكل عام فإن أي طريقة لا تخرج إجراءاتها عن الخطوات الثمانية التالية:[1]

---

[1] Roberta S. Russell, Bernard W. Taylor, Production & Operations Management Englewood cliffs, New Jersey, 1995, pp. 455-457.

1. تحديد المهمة أو العملية الواجب دراستها وذلك بعد تحليل الطرائق المتاحة واختيار الطريقة المناسبة لإجراء الدراسة.
2. تجزئة المهمة إلى عناصر قابلة للقياس زمنيا (أزمنة قصيرة ثوان أو دقائق). ويقوم محلل الدراسة بمراقبة إنجاز العملية عدة مرات للمهمة المطلوبة، ومن ثم يقرر أجزاء العمل التي سوف يحدد زمنها بشكل منفصل، ويقرر بشكل دقيق أين يتوقف عنصر ما ويبدأ العنصر الأخر.
3. تحديد عدد مرات القياس للمهمة (عدد الدورات أو العينات المطلوبة) لأن الزمن الذي يؤدى فيه جزء من العملية قد يختلف من مرة لأخرى، فقد يستغرق العامل وقتا أقل أو أطول من اللازم نظرا لأن العامل لا يعمل بسرعة ثابتة في جميع مراحل الدورة بل يسرع في مراحل معينة ويبطئ في مراحل أخرى وإن سبب هذا الاختلاف يعود لعوامل خارجة عن إرادة العامل نفسه، لهذا يتوجب تكرار عملية قياس الوقت عدة مرات ويمكن معرفة ما إذا كان هذا العدد كافيا لتحقيق مستوى ثقة (± 5%)، ومستوى معنوية إحصائي باستخدام المعادلة التالية: $n=\left(\frac{Zs}{e\overline{T}}\right)^2$

حيث أن :

n: عدد مرات القياس (الدورات) المطلوب تكرارها عند مستوى ثقة 95%.

z: عددا الانحرافات المعيارية The number of standard deviations from the

عن المتوسط التوزيع الطبيعي mean in ananormal distr. bullion

s: الانحراف المعياري لعينة الدراسة Sample standgred deviation

ويحسب باستخدام المعادلة التالية:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_1 - \overline{X})^2}{n-1}}$$

$\overline{T}$: متوسط زمن الدورة للعينة (للعنصر)the average Job cycle time

e: درجة الدقة المطلوبة The degree of error

4. توقيت وتسجيل الوقت الخاص بالعناصر ومعدل الأداء والمقصود بمعدل الأداء السرعة التي يتم فيها إنجاز العمل موضوع الدراسة من قبل العامل (سريع، عادي، بطيء)حيث يقرر الدارس ما إذا كان العمل منفذ بشكل سريع أو عادي أو بطيء، ودرجة السرعة أو البطيء وفق مقياس خاص.
5. احتساب المعدل الحقيقي لوقت الدورة، وهو يمثل الوسط الحسابي لعدد المرات لكل عنصر تم قياسه، ويتم تعديله من أجل الأخذ بالحسبان الحالات غير الاعتيادية لكل عنصر على أن تشطب المشاهدات غير الطبيعية.

ويتم حساب المعدل الحقيقي لوقت الدورة باستخدام المعادلة التالية:

$$\overline{T} = \frac{\sum T}{n}$$

حيث أن:

t: الوقت المسجل لإنجاز كل عنصر

n: عدد مرات القياس المحسوبة

6. احتساب الوقت الاعتيادي لكل عنصر (والوقت الاعتيادي هو الوقت الذي يصرفه عامل متمرن في العمل عندما يعمل في خطا عمل عادية). وهذا المقياس يعبر عن معدل الأداء لمسار عامل معين تحت ملاحظة أدائه.

ويتم حساب الوقت الاعتيادي باستخدام المعادلة التالية:

$$Nt = (\bar{t})(RF)$$

حيث أن:

NT : الزمن العادي   Normal Time

RF: معدل الأداء   Rating Factor

ومعدل الأداء (عامل التحويل) هو تقييم معدل إنجاز العمل الذي يقوم به العامل مقارنا بمعيار معين بفرض تحويل التأثير الشخصي إلى شيء لا شخصي، والخروج بمقياس قابل للتطبيق في مختلف الشروط والظروف والتأثيرات على جو العمل. علماً أن معدل الأداء (معامل الكفاءة للعامل) هو عبارة عن نسبة الوقت الذي يستغرقه العامل الذي تمت عليه عملية القياس إلى الوقت الذي يستغرقه عامل متوسط. ويتغير العمل المستغرق في إنجاز مهمة ما تبعا لمهارة العمال واهتمامهم بالمهمة الموكلة إليهم، ونتيجة لهذا الاختلاف يتوجب تحديد مقياس ثابت وهذا المقياس يكون من خلال، ما يسمى (بمعامل التحويل)، ومن خلاله يتم تحويل الوقت المتغير إلى وقت ثابت ويعرف هذا العمل "بمعدل الأداء".

7. جمع الوقت الاعتيادي لكل عنصر للتوصل إلى الوقت الاعتيادي الإجمالي للمهمة والوقت الاعتيادي للدورة.

ونحسب الوقت الاعتيادي للدورة باستخدام المعادلة التالية:

$$Nt = \sum Nt$$

حيث أن:

NT : الزمن الاعتيادي للدورة   The Normal Cycle Time

8. احتساب الوقت المعياري: يعرف الوقت المعياري فإنه الوقت الذي يستغرقه صنع المنتج بتصميم معين وطريقة عمل محددة وبدون أي وقت ضائع ويمثل الوقت المعياري الحد الأدنى من وقت الإنجاز الذي لا يمكن إنقاصه إلا في ظروف وشروط معينة، ولهذا فإنه الوقت الذي يمكننا اعتماده واستعماله

كمقياس للعمل نفسه، ويتم بموجبه تعديل الوقت الاعتيادي الإجمالي مع الأخذ بالحسبان وقت السماحات المختلفة والتي أهمها ما يلي:

أ- **السماحات الثابتة :** تتألف السماحات الثابتة من:

- السماحات الشخصية : وهي الأوقات المخصصة لقضاء الحاجات الشخصية بالإضافة إلى الأوقات الأخرى المخصصة لتغطية استقلال العامل حتى في حال عدم قيامه بعمل.

يختلف مقدار هذه السماحات باختلاف شروط العمل وجنس العامل كما أن بعض الاختلافات في مقدار تلك السماحات يعود لاختلاف الجهات التي تضعها ومدى اعتبارات كل منها لأهميتها.

- سماحات الاستراحة من التعب: وتتعلق بطبيعة العمل ومقدار الجهد، وتتراوح عادة بين (2%, 5%) من الوقت الأساسي.

ب- السماحات المتغيرة: تتعلق السماحات المتغيرة بالعوامل (تتغير هذه العوامل بين مهمة وأخرى) التالية:

- الوقوف،
- الوضع غير الطبيعي ،
- رفع الأزون أو استعمال القوة،
- شروط الإنارة في حالة كون الإنارة من المستوى الموصى به اللازم للعمل وكان من المستحيل تحسينها كما هو الحال لدى المصورين)، ويتوجب عندئذ إعطاء سماح يتناسب ومقدار الإجهاد المبذول لهذا السبب،
- شروط التهوية والمناخ طبعا فقط داخل مكان العمل،
- الإجهاد البصري كما في عمليات إصلاح الساعات أو مراقبة تقطع الخيوط على آلة الغزل،

- الإجهاد السمعي (ضوضاء)،
- الإجهاد الذهني (التركيز الطويل) بسبب وجود عدد من الآلات بآن واحد، ويراقبها عامل واحد،
- الوتيره الذهنية: وتحصل الوتيره الذهنية عادة نتيجة القيام بالعمل منفردا أو نتيجة الاستعمال المتكرر لبعض القدرات الذهنية كما هو الحال في الحساب الذهني. توجد الوتيرة الذهبية على الغالب في إعمال المكاتب الروتينية أكثر مما تتواجد في المعامل.
- الوتيرة الفيزيائية (الملل)[1] : وهو الإجهاد المتسبب عن الاستعمال المتكرر لبعض أعضاء الجسم كالأصابع واليدين والرجلين.

إن العاملين الأكثر تأثيرا على احتساب السماحات هما استعمال القوة العضلية وشروط التهوية والمناخ داخل مكان العمل، وهما يحدثان تغيرات إيجابية في الإنتاج إذا عولجا لتأمين الراحة للمشتغل.

لحساب نسبة الاستراحة لأي عمل يتوجب إضافة النسب الانفرادية المسموحة والمخصصة للشروط الانفرادية للعمل وظروفه المحيطة بعضها مع بعض للوصول إلى النسبة النهائية اللازم إضافتها للوقت الأساسي، فإذا كانت هذه النسبة أكثر من (20 - 25%) فإنه ينبغي على الدارس شروط العمل بغرض تحسينها، وبالتالي إنقاص نسبة السماح التي هي بالواقع وقت غير منتج.

جـ- إضافات زمنية خاصة (دراسة نسب التأخير في تنفيذ العمل):

من الممكن إعطاء سماحات زمنية أخرى غير تلك التي هي متعلقة بالتعب والإجهاد، وقضاء الحاجات الشخصية، وتعد هذه السماحات زيادة خاصة في الفترة

[1] توصي معظم المنظمات الدولية عدم تكليف العمال الرجال البالغين برفع أثقال تزيد عن (50كغم) وأنقاض هذا المقدار للنساء بحدود (22.5 كغم) علماً بأنه وضع غير اقتصادي للمؤسسة ولا ينصح بأن يكلف العمال برفع أحمال تزيد عن (35 كغم) باليد نظر لارتفاع نسب السماحات المقابلة اللازم منحها لهؤلاء العمال.

الزمنية لأي عمل، وهي لا تشكل جزءا من دورة العمل ولكنها ضرورية لأداء العمل بصورة مرضية. ومثل هذه الفترات قد تكون ثابتة أو مؤقتة لذلك يجب الحذر والعناية عند اختيار أي منها.

حيثما أمكن فإنه يجب تحديد هذه الفترات الإضافية الخاصة عن طريق دراسة الوقت، وهذه الفترات الخاصة تقع ضمن ثلاث فئات كبيرة هي:

1- فترات النشاط أو العمل الدوري: وتخصص هذه الفترات نظير العمل الذي ينجز على فترات منتظمة أثناء صنع كمية معينة من المواد، أو تنفيذ نشاط أو عمل معين خلال زمن معين وذلك كما يلي:

أ- فترات النشاط التي تنفذ بفترات معينة أو بعد عدد معين من دورات العمل مثل : إعادة جلخ الأدوات , وتنظيف الآلات أو المصنع.

ب- فترات النشاطات التي تنفذ مرة واحدة فقط خلال تصنيع طلبية أو وجبة واحدة فقط أمثلة ذلك:

- تركيب قطع الآلة ومتمماتها عند البدء بتشغيل أو صنع جديد.
- تغير آلة أثواب القطن في قسم الفتح لتنتج أثواب الخيوط الصنعية وذلك لفترة معينة.
- تهيئة النول لنسج قماش معين.

2- الزيادات الزمنية نظير التداخل : تعطى هذه الزيادات في الوقت للعامل الذي يعمل على عدة آلات كل منها معرض للتوقف في أوقات غير متوقعة وعشوائية أو نظير دورات تتطلبها دور تتطلبها دورة العمل وذلك كي لا يتضرر العامل ماديا نتيجة لتدني مكافآته. وهذا التوقف يزيد تداخل الآلات المنظم أو العشوائي. وهذه الزيادة تغطي من وجهة نظر العامل جميع الأسباب الواردة في فقرة الانتباه الدقيق والمتعلقة بالوقت غير المنتج للآلة أو العمل.

يحدث تداخل عمل الآلات عندما يكون العامل مسؤولا عن آلتين أو أكثر وتتوقف آلة واحدة أو أكثر أثناء عمله على آلة أخرى من هذه الآلات المتوقعة ويمكن أن نميز نوعين من التداخلات هما:

1- التداخل الدوري: هو تداخل عمل الآلات الذي يحصل في فترات زمنية محددة على آلات مختلفة.

2- التدخل العشوائي غير المنتظم: هو تداخل عمل الآلات الذي يحدث في أوقات عشوائية وغير منتظمة على آلات مختلفة.

إن مقدار التداخل مشروط بعدد من العوامل مثل:

- مهارة العامل وجهده،
- مقدار عبء العمل الموكل إليه أي عدد الآلات التي يعمل عليها العامل،
- الأفضلية المعطاة لإنجاز العمل الذي يستلزمه من جراء توقف الآلة،
- طول الوقت المطلوب لإنجاز العمل الذي يستلزمه من جراء توقف الآلة،
- نسبة العمل المذكور في الفقرة (ج) إلى عمل أخر يقوم به العامل.

3- نسبة الوقت المخصص للطوارئ والزيادات في الوقت التي تمنحها الإدارة.

إن الزمن المضاف هنا يجب أن لا يتجاوز (5 %) الزمن المخصص للطوارئ. وتعرف الزيادات التي تمنحها الإدارة بأنها نظير زيادة معينة في الوقت، وتعطي من قبل الإدارة علاوة على زيادات الزمن المعطلة بسبب خصائص كامنة في العمل موضوع الدراسة.

هذه الزيادات ليست جزءا أصيلا من دراسة الزمن، لذلك يجب معالجتها بحذر شديد وعدم استعمالها إلا في ظروف محددة بوضوح. كما يجب أن تبحث منفصلة عن الأوقات الأساسية المقرر كي لا تتداخل مع الأوقات المعيارية التي وضعت بموجب دراسة الوقت.

ويتم حساب الوقت المعياري باستخدام المعادلة التالية:

$$ST = (NT)(1-AF)$$

حيث أن :

ST = الوقت المعياري   Standord time

AF = عامل السماحات   Allowance foctor

مثال (8-1):

أجريت دراسة الوقت لعملية فتح حساب توفير للزبون في البنك العربي، وكانت البيانات الأولية كما هي مبينة في الجدول التالي:

الدورة التي تمت ملاحظتها (بالدقائق)

عناصر الدورة / عناصر العمل	1	2	3	4	5
أ	4	4	6	*15	5
ب	3	*12	3	2	4
جـ	3	4	3	4	4
د	3	3	2	4	2

المطلوب: احتساب الوقت المعياري، علماً بأن السماحات تم تحديدها بنسبة (13%) من زمن العمل. ومعدل الأداء = 110%.

الحل:

1- تشطب المشاهدات غير الطبيعية والمؤشر عليها بالعلامة (*). وهذه المشاهدات تعود لأخطاء ذات طبيعة غير اعتيادية لهذا لا تعد جزءاً من قياس الوقت.

يحسب معدل الوقت لكل عنصر من عناصر العمل وذلك على الشكل التالي:

معدل الوقت للعنصر	وقد المشاهدة ÷ عددها	الوقت (دقيقة
أ	(5+6+6+4+4) ÷ 4=	4.75
ب	4+2+3+3 ÷ 4=	3.5
جـ	4+4+3+4+3 ÷ 4=	3.6
د	2+4+2+3+3 ÷ 5=	2.8

2- حساب الوقت الاعتيادي لكل عنصر وذلك على الشكل التالي:

الوقت الاعتيادي للعنصر	معدل الوقت الاعتيادي× معدل الأداء	الوقت (دقيقة)
أ	1.10 × 4.75 =	5.22
ب	1.15 × 3 =	3.3
جـ	1.10 × 3.6 =	3.96
د	1.20 × 2.8 =	3.36

3- حساب إجمالي الوقت الاعتيادي، وهو مجموع الوقت الاعتيادي لكل العناصر التي يتكون منها العمل.

4- وقت الدورة الاعتيادي:

$$NT = \sum Nt$$

$$= 3.36 + 3.96 + 3.3 + 5.22$$

= 15 دقيقة

5- حساب الوقت المعياري للمهمة:

$$\frac{0.15}{0.13\ \text{-}1}$$

$$ST = (NT)(1 + AF)$$
$$= 15.84\ (1+0.149)$$
$$= 18.20 \text{ دقيقة}$$

$= AF$

$\leftarrow$

$= 0.1494$

وإذا افترضنا أن الزمن المتاح أمام العامل 8 ساعات في اليوم فإنه يمكن حساب عدد العمليات التي يجريها العامل يومياً كما يلي:

عدد العمليات (فتح حساب) يومياً:

$$\frac{8 \times 60 \text{ ساعة}}{17.89} = 26.8 \approx 27 \text{ عملية}$$

وإذا أردنا أن نحدد عدد العمليات (فتح حساب) في الساعة نقوم بقسمة (60) دقيقة على الوقت المعياري لفتح حساب وهو 17.89 دقيقة.

ويكون عدد العمليات/ساعة =

$$\frac{60}{17.89} = 3.35$$

وإذا كانت التكاليف الثابتة والمتغيرة المرافقة لهذه العلميات هي 48 دينار فإن تكلفة العملية الواحدة تحسب كما يلي:

عدد ساعات العملية الفعلية 7 يوم × 3.35 ≈ 24 عملية/يوم

تكلفة العملية الواحدة = $\frac{48}{24}$ = 2 دينار/عملية.

وهذه التكلفة تمثل العمولة التي يأخذها البنك عن كل عامل عملية فتح حساب.

3. وسائل تحسين الإنتاجية

تشمل وسائل تحسين الإنتاجية ما يلي:

1- تحسين اقتصاديات الإنتاج من خلال استغلال الطاقة الإنتاجية الكاملة وعن طريق استخدام التقنية المناسبة وتحسين جودة الإنتاج.

2- الاهتمام بالبحث والتطوير.

3- ترشيد استخدام الموارد.
4- تطوير أساليب العمل.
5- ترشيد القرارات واستخدام الأبحاث والمعلومات المتوفرة كركيزة في اتخاذ القرارات.
6- التبادل العلمي والفني، وإيفاد العاملين في دورات تدريبية، وحضور المؤتمرات والمعارض العلمية والصناعية المناسبة، وتبادل الخبراء وزيادة التدريب في العمل (On Job Training).
7- التقيد بالمواصفات ورفع مستوى الإنتاج.
8- استخدام الأساليب العلمية في الإدارة.
9- الاهتمام بالتسويق الحديث.
10- تحديد الاحتياجات من القوى البشرية والمواد الخام والمعدات بشكل دقيق.
11- وضع نظام حوافز سليم.
12- وضع برامج دقيقة للصيانة.

وكذلك يمكن إضافة العديد من وسائل رفع الإنتاجية في الدوائر المختلفة وفقاً لطبيعة المؤسسة. ولعل أهم توصية يمكن الاتفاق عليها في مجال رفع الإنتاجية هو استخدام الطرق العلمية في العمل والإدارة حيثما أمكن، والاستفادة من الأبحاث والدراسات والخبرات التي يمكن أن تؤدي إلى رفع الإنتاجية.

ولمعرفة مدى نجاح برنامج إصلاحي معين في رفع الإنتاجية لابد من وجود مقاييس دقيقة محددة ليسهل التخطيط والمراقبة والمتابعة.

1-3 مقاييس الإنتاجية:

من المؤكد أن الإنسان لا يستطيع التحكم إلا بما يستطيع قياسه. وكذلك يمكن القول أن الإنسان لا يستطيع أن يدير ما لا يستطيع قياسه ومراقبته ومتابعته. لهذا فإن قياس الإنتاجية الدقيق يعتبر الخطوة الأولى لتحسينها.

وبشكل عام فإن المقياس المناسب لقياس مؤشر معين هو ذلك الذي يأخذ بعين الاعتبار خصائص النظام المعني، والهدف من القياس والتداخلات بين المؤشر والعوامل الأخرى في النظام. وبالتحديد فإن الإنتاجية يمكن قياسها على مستويات مختلفة، هذه المستويات هي التالية:

1- على مستوى الدولة.
2- على مستوى المؤسسة.
3- على مستوى الوحدة.

كما ويمكن قياس الإنتاجية بثلاث طرائق مختلفة:

1- الإنتاجية الكلية: وهي نسبة جميع المخرجات إلى جميع المدخلات اللازمة للإنتاج، وعادة ما يكون هذا المقياس مناسباً لقياس الإنتاجية على مستوى الدولة أو القطاع (الصناعات الكيماوية أو الطيران مثلاً)، وكذلك فإن مثل هذا القياس يكون الهدف منه الدراسات الاقتصادية على المستوى الاقتصادي الكلي.
2- الإنتاجية الجزئية: وهي نسبة جميع المخرجات الناتجة من عنصر معين من عناصر الإنتاج إلى الكمية المستخدمة من ذلك العنصر. ومثال هذا المقياس هو إنتاجية العمل أو إنتاجية المواد أو إنتاجية رأس المال. فمثلاً تحسب إنتاجية المواد كما يلي:

إنتاجية المواد = المنتج (كمية أو قيمة) ÷ كمية الموارد الداخلة في إنتاج المنتج

2-3 شروط قياس الإنتاجية:

من الشروط الواجب أخذها بالحسبان أثناء قياس الإنتاجية ما يلي:

1- من الضروري مقارنة الإنتاجية في المنظمة مع إنتاجية منظمات متشابهة حتى يكون لمؤشر الإنتاجية دلالة ومعنى، وإذا لم يحصل ذلك فإن الإنتاجية مؤشر لا قيمة له إذا لم يقارن بكمية أخرى. فعلى سبيل المثال إذا قلنا أن إنتاجية دائرة

صيانة المحركات هي 10 محركات/الشهر، فإنه من الواضح أن هذا الرقم لا يعني شيئاً، ولا يمكن الحكم من خلاله فيما إذا كانت الإنتاجية لتلك الدائرة مرتفعة أو منخفضة أو حتى معتدلة إلا إذا قورن برقم آخر. لذلك فإن الإنتاجية مقياس يستفاد منه في المقارنة. في المثال السابق يمكن مقارنة إنتاجية دائرة صيانة المحركات مع مثليتها من الدوائر في الشركات الأخرى. فإذا عرفنا أن معدل إنتاجية دائرة صيانة المحركات في الشركات الأخرى هي 8 محرك/الشهر فإننا نعلم حينئذ أن الإنتاجية في شركتنا أعلى من المعدل المعروف في الشركات الأخرى المشابهة.

2- كذلك يمكن المقارنة مع إنتاجية نفس الدائرة في السنوات السابقة، وعادة نختار سنة (أو فترة) معينة بحيث تكون الظروف فيها عادية دون مؤشرات فوق العادة تسمى سنة (فترة) الأساس. ونقارن الإنتاجية في السنة (الفترة) الحالية بتلك لسنة (فترة) الأساس لنحصل على مؤشر على التغير في الإنتاجية. فمثلاً إذا كانت الإنتاجية في دائرة صيانة المحركات في شهر شباط هي 7 محرك/شهر، وفي شهر تشرين ثاني فهي 10 محركات/الشهر فإن:

مؤشر الإنتاجية = الإنتاجية في شهر تشرين الثاني ÷ الإنتاجية في شهر شباط

$= 10 \div 7 = 1.428$

بمعنى آخر نستطيع القول أن الإنتاجية زادت خلال الفترة من شباط إلى تشرين ثاني بنسبة 42.8%.

3- وأخيراً، يمكن قياس الإنتاجية في الفترات المتلاحقة وعمل رسم بياني لها بحيث يكون من السهل التعرف إلى وجود أي نزعة (Trend) بالزيادة أو النقصان في الإنتاجية.

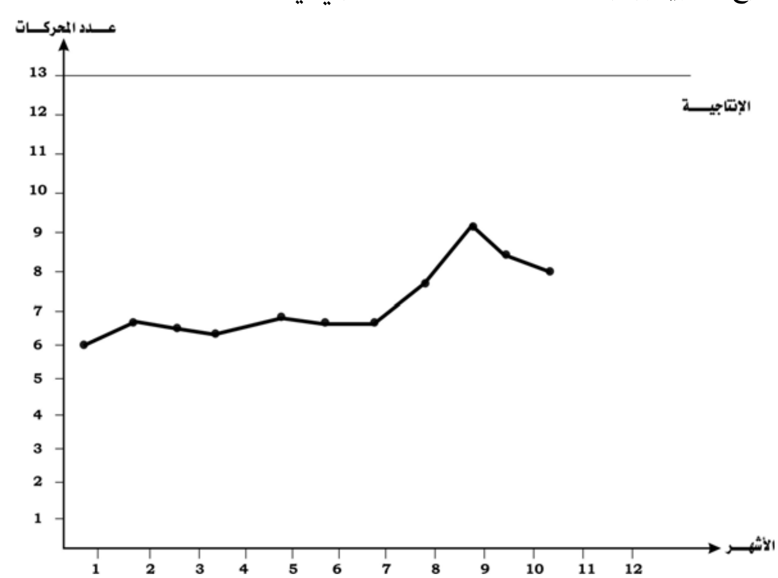
مثال (8-2):

لقد كانت إنتاجية دائرة الصيانة في شركة إصلاح المحركات للأشهر الأحد عشر من عام 2002 كما هي وارده في الجدول التالي:

الشهر	الإنتاجية (محرك)	الشهر	الإنتاجية (محرك)
1	6	7	8
2	7	8	9
3	7	9	12
4	7	10	11
5	7	11	10
6	8	12	-

جج

نستطيع التعبير بيانياً عن هذه المعلومات كما يلي في الشكل (   ):



ومن الجدير بالذكر هنا إلى أن أحد وسائل رفع الإنتاجية هي عن طريق عمل مثل اللوحة في الشكل أعلاه لعناصر الإنتاج المختلفة بشكل واضح وكبير، ووضع هذه اللوحات في أماكن بارزة في مكان العمل. وكذلك وضع هدف معين للوصول

إليه، فعلى سبيل المثال: الهدف الوصول إلى 13 محرك/الشهر. فيوضع خط أفقي لمثل هذا الهدف، وهذا ما يسمى (Productivity by Visibility).

3-3 قياس إنتاجية العمل

تهدف الحوافز إلى زيادة إنتاجية العمل. لذا فإن قياس إنتاجية العمل ضروري لربط الحوافز بالتغير في الإنتاجية. ويقاس العمل بعنصرين أساسيين، هما: عدد ساعات العمل، وعدد العاملين وذلك كما يلي:

إنتاجية العمل = المنتج (قيمة أو كمية) ÷ مجموع الأجور والحوافز.

ويمكن تطبيق هذه المقاييس على جميع العاملين المباشرين والإداريين أو يمكن تفصيل ذلك تبعاً للحاجة. إلا أنه لأغراض المقارنة مع مستوى إنتاجية العمل في مؤسسات أخرى فيفضل قياس إنتاجية العمل الكلية (العاملين المباشرين والإداريين)، لأن الاثنين يكملان بعضهما البعض، ولأن إنتاجية العاملين المباشرين تتأثر تأثراً مباشراً بالقرارات الإدارية.

بالإضافة إلى الطريقة السابقة في قياس إنتاجية العمل، فإن هنالك طريقة أخرى قديمة تعمد على تحديد الوقت القياسي لأداء عمل معين ومقارنته بالوقت الفعلي للأداء، وذلك كما يلي:

إنتاجه عمل معين = الوقت القياسي ÷ الوقت الفعلي

وهذه الطريقة كانت من نتاج نظريات تايلور في الإدارة العلمية. فلتحديد الوقت القياسي لأداء عمل معين نستخدم دراسة الحركة والوقت (Time and Motion Study)، حيث نقوم بمراقبة الوقت اللازم لأداء عمل معين عدداً كبيراً من المرات، ونسجل هذا الوقت، ومن ثم وباستخدام الأساليب الإحصائية نحدد الوقت الذي يجب أن يستغرقه العمل. وهكذا، فإن إنتاجية عامل معين في أداء هذا العمل يسهل تحديدها. وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذا القياس للعمل هو أقرب للكفاءة منه

إلى الإنتاجية، بالرغم من أن بعض الباحثين في مجال الإنتاجية يعتبره مقياساً للإنتاجية.

4-3 الحوافز

تعرف الحوافز بأنها الميزات والأجور غير الثابتة سواء كان ذلـك ماديـاً أو معنويـاً، أو عـن طريق تحقيق حاجة معينة. وتكتسب الحوافز أهميتها من جانبين:

1- اجتذاب العمال والموظفين المميزين إلى المنظمة.

2- المحافظة على العمال والموظفين المميزين في المنظمة.

وقد تغيرت النظرة إلى الحوافز والإنسان عبر مراحل الفكر الإداري المختلفة كما يلي:

المرحلة الأولى: النظرة التقليدية.

المرحلة الثانية: مدرسة العلاقات الإنسانية.

المرحلة الثالثة: المدرسة الحديثة، نظرية النظم، الإدارة بالأهداف وتنمية الموارد البشرية.

أسئلة ومسائل الفصل التاسع

1- عرف كل مما يلي:

أ) دارسة الحركة، ب) دراسة الوقت، جـ) معدل الأداء، د) السماحات الشخصية، هـ) السماحات المتغيرة، و) التداخل الدوري، ز) التداخل العشوائي، ح) معدل الوقت، ط) الوقت المعياري.

2- ما هي الأهداف التي تسعى إدارة العمليات لتحقيقها من دراسة الحركة؟

3- ارسم مخططاً توضح فيه خطوات دراسة الحركة بالتسلسل.

4- يتم دراسة طريقة الأداء (العمل) الحالية في المنظمة بطرح خمسة أسئلة ثم الإجابة عليها. المطلوب: حدد هذه الأسئلة وموضوع كلٍ منها، وضعها في جدول توضيحي يساعد على فهم هذه الأسئلة والإجابات عليها.

5- هل تسبب دراسة الحركة أي مشكلات أو ردود فعل مع العمال؟ ولماذا؟

6- هل يمكن القيام بدراسة الحركة حسب الظروف البيئة، أم هناك مبادئ يجب الالتزام بها؟ وضّح ذلك مع الأمثلة.

7- وضح وبالأمثلة أهمية دراسة الوقت في المنظمة.

8- اذكر أهم شروط ومبادئ دراسة الوقت إن وجدت.

9- ارسم مخططاً توضّح فيه خطوات دراسة الوقت بالتسلسل.

10- اشرح خطوات احتساب الوقت المعياري.

11- اذكر أهم السماحات التي تؤخذ بالحسبان أثناء احتساب الوقت المعياري.

12- ما هي أهم وسائل تحسين الإنتاجية في المنظمة؟

13- وضّح علاقة الإنتاجية بالحوافز.

مسألة:

المطلوب: احتساب الوقت المعياري لعملية تركيب وفحص شاشـة تلفزيـون في ضـوء البيانـات الآتية:

عناصر العمل	رقم الدورة وأزمنتها بالدقائق					
	1	2	3	4	5	6
أ	4	5	4	4	5	5
ب	3	3	4	9	3	3
جـ	2	2	2	2	2	3
د	7	6	6	7	6	12
هـ	9	4	4	4	4	4

وكان معدل الأداء 90%، وتم تحديد السماحات بنسبة 15% من معدل العمل.

مراجـع الفصل التاسع

1- المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر، عمان، 2000.

2- Argote, Linda, and Epple. "Learning Curves in Manufacturing". Science 247 (February 1990), PP. 920-24.

3- Chase, Richard., and Nicholasj. Aquilano, 7^{th} ed. MC Grow Hill, New York, 1996.

4- Logan, Gordon D. "Shopes of Reaction-Time Distribution and shapes of learning Curves" Journal of Experimental Psychology: Learning , Memory, and Cognition 18.no.5 (Sept. 1992), PP. 883-915.

5- Niebel, Benjamin W.,Motion and Time Study. 9^{th} ed. Homewood. IL: Richard D.Irwin, 1993.

6- Norman Gaither, Production and Operations Management 6^{th} ed., the Dryden Press, New York, 1995.

7- Ramsey, Jr., George E. "Using Self- Administered Work Sampling in a State Agency. "Industrial Engineering, February, 1993, PP 44-45.

8- Rutter, Rick. "Work Sampling: As a Win/Win Management Tool." Industril Engineering, February 1994, PP. 30-31.

9- Jay Heizer and Barry Render, Production and Operations Management 7^{th} ed. Allyn and Bacon, New York, 1997.

10- Roberta S. Russell, Bernard W.Taylor, Production & Operations Management, Englewood Cliff, New Jersy, 1995, pp. 455-457

الفصل العاشر

جدولـــــة الإنتـــــاج

العناوين الرئيسة:

1- جدولة الإنتاج بالدفعات

1-1 تحديد الحجم الاقتصادي لدفعة الإنتاج

1-2 ترتيب أولوية عناصر الإنتاج

1-3 جدولة إنتاج تشكيلة الإنتاج

2- جدولة الإنتاج المستمر

2-1 تحديد معدل مخزون السلع

2-2 إعداد البرنامج الزمني

3- الجدولة في الخدمات

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- شرح طريقة جدولة الإنتاج بالدفعات والخطوات التي تمر بها.

2- شرح طريقة جدولة الإنتاج المستمر والخطوات التي تمر بها.

3- شرح طريقة الجدولة في الخدمات.

الفصل العاشر
جدولـــة الإنتـاج

1. جدولة الإنتاج بالدفعات Batch production planning

تتكون عملية تخطيط الإنتاج بالدفعات من ثلاث عمليات جزئية، وهذه العمليات هي:

1- 1- تحديد الحجم الاقتصادي لدفعة الإنتاج Q

في إنتاج الدفاعات Batch Production تكون كمية الإنتاج المطلوبة والمحددة استناداً على توقع الطلب في فترة الخطة السنوية لسلعة ما ليست كبيرة، وذلك إلى الحد الذي يسمح باستثمار خطوط الإنتاج بشكل مستمر لإنتاج هذه السلعة. لهذا تستعمل خطوط الإنتاج في هذا النظام لإنتاج سلع مختلفة. ويتم الإنتاج بهدف التخزين لحين تشكل الطلب على السلع. وهذا يتطلب أن يكون حجم الدفعة المنتجة في فترة الإنتاج أكبر من الطلب عليه في الفترة نفسها، الأمر الذي يستدعي تخزين الكمية الزائدة عن الطلب في فترة الإنتاج من أجل مقابلة الطلب على السلعة خلال فترة توقف إنتاج الدفعة. ولذلك فإن تكاليف تخزين الإنتاج تمثل وفق هذا النظام الإنتاجي عاملاً مهماً في تحديد حجم دفعة الإنتاج، لأن أي زيادة في حجم الدفعة المنتجة يزيد من مستوى المخزون، وبالتالي يرفع تكاليف التخزين. ولأن خط الإنتاج يستخدم لإنتاج عدة سلع مختلفة فإنه يحتاج في كل مرة إنتاج سلعة ما إلى عملية تجهيز وإعداد. بدورها فإن هذه العملية ترتب على المنظمة تكاليف إضافية تعرف بتكاليف إعداد الآلات، وتكاليف الحصول (Setup Costs). وهذه التكاليف يجب أن تؤخذ بالحسبان في عملية تحديد الحجم الاقتصادي للدفعة الإنتاجية على خط الإنتاج.

ويتم حساب الكمية الاقتصادية وفق النموذج العام للعملية الاقتصادية، والذي يقوم على أساس العلاقة بين تكاليف الاحتفاظ، وتكاليف الحصول، والطلب السنوي وذلك باستخدام المعادلة التالية:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

حيث أن:

Q = الكمية الاقتصادية لدفعة الإنتاج

D = الطلب السنوي أو الإنتاج السنوي Demand

S = تكاليف الحصول أو إعداد الآلات Setup Costs

H = تكاليف الاحتفاظ Holding Costs

ومن هذا النموذج يشتق نموذج الكمية الاقتصادية (Q) مع الاستخدام في حالة منتج وحيد، وفي حالة تعدد المنتجات وكما يلي:

أ) في حالة منتج واحد: تحسب العملية الاقتصادية حسب المعادلة التالية:

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H} \times \frac{P}{P-d}}$$

حيث أن:

p = معدل الإنتاج اليومي

d = معدل الاستخدام اليومي

ويحسب الوقت اللازم لإنتاج الدفعة (T) كما يلي:

$$T = \frac{Q}{P}$$

وتحسب الفترة الزمنية بين دفعتين مثاليتين (w) كما يلي:

$$W = \frac{Q}{d}$$

ب) في حالة الدفعة الإنتاجية (تعدد المنتجات)، وتحسب الكمية (Q) الاقتصادية حسب المعادلة التالية:

$$Q = \frac{D}{N}$$

حيث أن:

N = العدد الأمثل للدفعات الإنتاجية، ويحسب من خلال المعادلة التالية:

$$N = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} \frac{(Pi - di) Di\, Hi}{Pi}}{2 \sum_{i=1}^{m} Si}}$$

حيث أن:

Si = تكلفة الحصول على المنتج الواحد.

2-1 ترتيب أولوية إنتاج عناصر التشكيلة

يتم ترتيب أولوية إنتاج عناصر التشكيلية (السلع) على الخط الإنتاجي استناداً لقاعـدة المدى الزمني لنفاد المخزون، والمخزون يمثل دفعة الإنتاج (مساوٍ لدفعة الإنتاج)، على أن يتم انتاج السلع التي يكون مدة نفاد مخزونها أقل، فالأبعد أولاً وثانياً وثالثاً ... وهكذا.

ويحسب المدى الزمني لنفاد المخازن باستخدام العلاقة التالية:

$$RI = \frac{Q}{d}$$

حيث أن:

RI = المدى الزمني لنفاد المخزون

d = معدل الاستخدام اليومي

ويحسب معدل الاستخدام باستخدام العلاقة التالية:

$$d = \frac{D}{365}$$

حيث أن:

D: كمية الإنتاج (الطلب) السنوية من الصنف

وأن عدد أيام السحب هي عدد أيام السنة، أو أيام العمل الفعلية في السنة.

3-1- جدولة إنتاج تشكيلة الإنتاج

تتم الجدولة بإعداد البرنامج الزمني لإنتاج السلع التي تتكون منها تشكيلة الإنتاج، والتي تشكل مجموعة الطلبات السنوية من كل نوع من السلع الواجب إنتاجها على خط الإنتاج.

تتطلب جدولة الإنتاج بالدفعة إعداد البيانات الضرورية التالية:

أ- ترتيب أولوية إنتاج عناصر التشكيلية على أساس المدى الزمني لنفاد المخزون.

ب- تحديد الفترة الزمنية اللازمة لإنتاج الدفعة من كل سلعة في التشكيلة وتحسب هذه الفترة باستخدام العلاقة التالية:

$$Tp = \frac{Q}{P}$$

حيث أن:

Tp = زمن إنتاج الدفعة

P = الإنتاج اليومي

ج- تحديد عدد الدفعات لإنتاج كل سلعة من التشكيلة خلال السنة وتحسب باستخدام العلاقة التالية:

$$Np = \frac{D}{Q}$$

حيث أن:

Np: عدد دفعات الإنتاج وبالأرقام الصحيحة فقط.

د- الفترة الزمنية التي يستغرقها إعداد وتهيئة الخط بعد إنتاج كل دفعة إنتاج لسلعة ما والتحول لإنتاج سلعة أخرى.

مثال (10-1):

تتبع الشركة العربية للأدوات المنزلية نمط الإنتاج بالدفعات، وتنتج أربع سلع سنوياً على نفس الخط. ولقد أخذت البيانات التخطيطية التالية حول إنتاج كل سلعة لعام 2006:

البيانـــات	تشكلية الإنتاج			
	ثلاجات	**غسالات**	**أفران**	**مدافئ**
الإنتاج السنوي Demand	24000	36000	48000	60.000
فترة الإعداد (التوريد) Lead Time	2	3	4	5
تكلفة الحصول Setup costs	2000	3000	4000	5000
الإنتاج اليومي Delay Production	1000	1000	1000	1000
تكلفة (الاحتفاظ) Holding Costs	4	4	4	4

المطلوب: إعداد البرنامج الزمني (الجدولة) لإنتاج هذه الشركة خلال عام 2006.

الحل:

لإعداد البرنامج الزمني للإنتاج نقوم بإعداد متطلبات الحل، وكما هي في الجدول الآتي:

إجراءات الحل	ثلاجات	غسالات	أفران	مدافئ
$Q=\sqrt{\frac{2DS}{H}}$	$\sqrt{\frac{2x24,000x2000}{4}}$ $=4,899$	$\sqrt{\frac{2x36,00x3000}{4}}$ $=7,348$	$\sqrt{\frac{2x48,000x4000}{4}}$ $=9,798$	$\sqrt{\frac{2x5000x60,000}{4}}$ $=12,247$
$Tp=\frac{Q}{P}$	$\frac{4,899}{1000}\approx 5$	$\frac{7,348}{1000}\approx 8$	$\frac{9,798}{1000}\approx 10$	$\frac{-12,247}{1000}\approx 13$
تعديل Q على أساس فترة الإنتاج	$=5x1000$ $=5000$	$=8x1000$ $=8000$	$=10x1000$ $=10000$	$=13x1000$ $=13,000$
$Np=\frac{D}{Q}$	$\frac{24,000}{5000}\approx 5$	$\frac{36,000}{8000}\approx 5$	$\frac{48,000}{10000}\approx 5$	$\frac{60,000}{13000}\approx 5$
$d=\frac{D}{365}$	$\frac{24000}{365}=68$	$\frac{36000}{365}=99$	$\frac{48,000}{365}=132$	$\frac{60,000}{365}=165$
$RI=\frac{Q}{d}$	$\frac{5000}{68}=74$	$\frac{8000}{99}=81$	$\frac{10,000}{132}=76$	$\frac{13,000}{165}=79$
الترتيب حسب الأولوية	1	4	2	3

نقوم بإعداد البرنامج الزمني لإنتاج السلع الأربع على خط الإنتاج وكما يلي:

رقم الدورة	تاريخ البدء بالدورة	ثلاجات			أفران			مدافئ			غسالات			مجموع T أيام الدورة 1+2+3+4
		L_1	Tp_1	مج$_1$	L_2	Tp_2	مج$_2$	L_4	Tp_3	مج$_3$	L_4	Tp_4	مج$_4$	
1	**1/1**	**2**	**5**	**7**	**4**	**10**	**14**	**5**	**13**	**18**	**3**	**8**	**11**	**50**
2	**اليوم51**	**2**	**5**	**7**	**4**	**10**	**14**	**5**	**13**	**18**	**3**	**8**	**11**	**50**
3	**اليوم101**	**2**	**5**	**7**	**4**	**10**	**14**	**5**	**13**	**18**	**3**	**8**	**11**	**50**
4	**اليوم 151**	**2**	**5**	**7**	**4**	**10**	**14**	**5**	**13**	**18**	**3**	**8**	**11**	**50**
5	**اليوم201**	**2**	**5**	**7**	**4**	**10**	**14**	**5**	**13**	**18**	**3**	**8**	**11**	**50**
مجموع				**35**			**70**			**90**			**55**	**250 / 250**

2. جدولة الإنتاج المستمر

يتناول تخطيط الإنتاج المستمر القيام بالإجراءات التالية:

1- تحديد معدل مخزون السلع المصنوعة: يتم تحديد معدل السلع المصنوعة أما أسبوعياً أو شهرياً، وذلك حسب الخطط التفصيلية للإنتاج الذي تعتمده الإدارة المسؤولة عن ذلك.

2- تحديد مخزون آخر المدة المطلوب توفره من كل صنف من تشكيله الإنتاج.

3- تحديد كمية الإنتاج الواجب إنتاجها في فترة الخطة من السلع تامة الصنع والسلع تحت الصنع، وذلك كما يلي:

أ- كمية الإنتاج من السلع تامة الصنع = المبيعات المتوقعة + مخزون آخر المدة من السلع تامة الصنع – مخزون أول المدة من السلع تامة الصنع.

ب- كمية الإنتاج من السلع نصف المصنعة = الإنتاج تام الصنع + مخزون آخر المدة من السلع نصف المصنعة –مخزون أول المدة من السلع نصف المصنعة.

مثال (10-2):

البيانات التالية توضّح مخزون أول المدة وآخر المدة من السلع تامة الصنع وقيد الصنع خلال العام 2005.

المخزون بالوحدات			
آخر المدة		أول المدة	
تامة الصنع	نصف مصنعة	تامة الصنع	نصف مصنعة
20000	22000	12600	11000

المطلوب:

احتساب ما يجب إنتاجه في عام 2006 من السلع تامة الصنع ومن السلع نصف المصنوعة، علماً أن كمية المبيعات المتوقعة 84,000 وحدة.

الحل:

أ- كمية الإنتاج الواجب إنتاجها من السلع تامة الصنع في عام الخطة = المبيعات المتوقعة خلال فترة الخطة + مخزون آخر المدة من السلع تامة الصنع – مخزون أول المدة من السلع تامة الصنع.

= 84,000 + 20,000 – 12,600

= 91,400 وحدة تامة الصنع

ب- كمية الإنتاج الواجب إنتاجها من السلع المصنعة في عام الخطة = الإنتاج تام الصنع + مخزون آخر المدة من السلع نصف المصنوعة – مخزون أو المدة من السلع نصف المصنوعة.

= 91,400 + 22,000 = 11,000

= 102,400 وحدة نصف مصنعة

2-2- إعداد البرنامج الزمني لنظام الإنتاج المستمر:

يتم إعداد البرنامج الزمني لنظام الإنتاج المستمر بعد أن يتم تجهيز المتطلبات الأساسية للجدولة، وهي التالية:

- البيانات المتعلقة بمختلف الطلبات على الإنتاج، ومن ثم تحديد الطلب المتوقع من المنتج.
- تحديد مخزون أول المدة لكل فترة والذي سوف يشكل مخزون آخر المدة للفترة السابقـة.

- تحديد الحجم الاقتصادي لكمية الإنتاج.
- تحديد الفائض أو العجز في المخزون لمقابلة الطلبات المتوقعة.

مثال (10-3):

تضمنت خطة المبيعات لإحدى الشركات الصناعية التجارية عن الأسابيع العشرة الأولى مـن عـام 2005 بيع (10,800) وحدة. وقد قدرت مخزون أول المدة منه (1200) وحدة وحجم دفعة الإنتاج (1800) وحدة، والبيانات المتعلقة بمختلف الطلبات أسبوعياً هي كما يلي:

الأسبوع / المتطلبات	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
قسم المبيعات	ϕ	100	600	800	1000	800	1000	1000	1000	1000
طلبات داخلية	ϕ	ϕ	100	ϕ	100	100	ϕ	ϕ	100	ϕ
طلبات خارجية	800	800	600	200	100	100	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
مخازن	300	200	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ

المطلوب: إعداد الجدولة المناسبة لإنتاج هذه الشركة.

الحل:

نقوم بإعداد جدول نظهر فيه الإنتاج المطلوب أسبوعياً وذلك كما يلي:

الأسبوع / البيان / المتطلبات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
مخزون أول المدة	**1200**	**100**	**800**	**1300**	**300**	**900**	**1700**	**1700**	**1500**	**400**
الطلب المتوقع (مج الأوامر)	**1100**	**1100**	**1300**	**1000**	**1200**	**1000**	**1000**	**1000**	**1100**	**1000**
+ فائض أو – عجز	**100+**	**1000-**	**500-**	**300+**	**900-**	**100-**	**700+**	**300-**	**004+**	**600-**
الإنتاج المطلوب	ϕ	**1800**	**1800**	ϕ	**1800**	**1800**	ϕ	**1800**	ϕ	**1800**
النتيجة مخزون آخر المدة	**100**	**800**	**1300**	**300**	**900**	**1700**	**700**	**1500**	**400**	**1200**

ومن الجدول أعلاه نلاحظ أن الإنتاج يتم في الأسابيع التالية:

2 * 3 * 5 * 6 * 8* 9 وبكمية إنتاج لكل أسبوع 1800 وحدة

3. الجدولة في الخدمات Scheduling in Services

هناك فروق جوهرية بين الخدمة والتصنيع تتمثل بالآتي:

1- لا يمكن عمل مخزون من الخدمة لتغطية عدم الثقة في الطلب.

2- الطلب على الخدمة صعب توقعه أو تخمينه بدقة كما في طلب السلع.

لهذه الأسباب فإن تخطيط الطاقة الإنتاجية في الخدمة تلعب دوراً حساساً لأصحاب المنشآت الخدمية وهناك طريقتان لجدولة الخدمات هما:

أ- جدولة طلبات الزبائن:

- من خلال الحجز: تستخدم هذه الطريقة عندما تحجز آلة أو موقع لاستعماله كحجز طاولة في مطعم أو جهاز كمبيوتر بساعة من الزمن. وهي تعطي وقت لصاحب المصلحة لترتيب الطلبات على الموقع بطريقة مناسبة.
- تأخير الطلب: وهو أن تطلب الخدمة من صاحب المصلحة، وتنتظر وصولها دون أن تعلم مسبقاً متى ستنتهي الخدمة مثل الانتظار في صالون الحلاقة أو وضع الجهاز للتصليح.

ب- **جدولة القوى العاملة:**

في حالة جدولة القوى العاملة في المنشآت الخدمية يجب مراعاة ما يلي:

- تحقيق الكميات المطلوبة في التخطيط الإجمالي.
- القدرة العمالية المتوفرة يجب أن تساوي أو تزيد عن كمية الطلب في كل فترة زمنية.
- إذا كان عدد القوة العاملة المتوفرة أقل من الحاجة فيجب عمل تعديل على أيام الإجازات أو زيادة العمالة المتوفرة.

وهناك نوعان من جدولة القوى العاملة:

- الجدولة الثابتة: حيث يحصل كل عامل على نفس أيام العمل والراحة لكل الأسابيع.
- الجدولة المتحركة (المتنقلة): حيث تتنقل أيام الإجازات والدوام بين العمال، وبحيث يحصل العامل كل أسبوع على أيام عطلة ودوام تختلف عن الأسابيع الأخرى.

عملية جدولة القوى العاملة:

يمكن توضيح جدولة القوى العاملة من خلال المثال التالي:

مثال (10-4):

شركة خدمات تعمل 7 أيام في الأسبوع، تمنح لكل عامل يومي إجازة متتاليين. الحاجات اليومية للعمال موضحة في الجدول التالي:

Day	M	T	W	Th	F	S	Su
Number of Employees Needed	6	4	8	9	10	3	2

المطلوب: إعداد الجدولة لهذه الحاجات، بحيث تحقق الطلب وتعطي كل عامل يومي إجازة متتاليين.

الحل:

1- تعامل مع الأيام كأزواج، وابحث عن الزوج الاقل عدداً في العمال. والسبب في ذلك أن كل عامل يجب أن يحصل على يومي إجازة متعاقبين، فمثلاً من الجدول لدينا الزوج (S-Su) حيث مجموع العمال المطلوب هـو (5) عمال فقط.

2- العامل رقم (1) يعمل في الأيام (M-F) ويستريح (S-Su)، ونطرح من عدد العمال في جميع الأيام التي داومها العامل(1) فتصبح كما هو موضح في الجدول أدناه.

3- نعيد الخطوة الأولى للجدول الجديد الذي تكوّن لدينا، وهكذا حتى نلبي جميع العمالة المطلوبة.

4- إذا حصل وكان هناك زوجان من الأيام لها نفس العدد من العمال، فاختر أي منهما دون قيد أو شرط.

Employee	T	W	Th	F	S	Su	Employee
6	4	8	9	10	3	2	1
5	3	7	8	9	3	2	2
4	2	6	7	8	3	2	3
3	1	5	6	7	3	2	4
3	1	4	5	6	2	1	5
2	0	3	4	5	2	1	6
2	0	2	3	4	1	0	7
1	0	1	2	3	1	0	8
0	0	0	1	2	1	0	9
0	0	0	0	1	0	0	10
0	0	0	0	0	0	0	-

Employee	M	T	W	Th	F	S	Su	Total
1	#	#	#	#	#	Off	Off	
2	#	#	#	#	#	Off	Off	
3	#	#	#	#	#	Off	Off	
4	Off	Off	#	#	#	#	#	
5	#	#	#	#	#	Off	Off	
6	Off	Off	#	#	#	#	#	
7	#	#	#	#	#	Off	Off	
8	#	#	#	#	#	Off	Off	
9	Off	#	#	#	#	#	Off	
10	#	#	#	#	#	Off	Off	
Capacity	7	8	10	10	10	3	2	50
Requirement	6	4	8	9	10	3	2	42
Slack, C-R	1	4	2	1	0	0	0	8

النتيجة:

وبهذا يحصل كل عامل على يومي إجازة، ونكون حققنا ما يلي:

1- قللنا عدد العمال الزائد عن الحاجة في الأيام الأقل ضغطاً.

2- الأيام التي عليها ضغط عمل تم جدولتها أولاً.

مسألة رقم (1):

تضمنت خطة المبيعات لإحدى الشركات في عام 2005 بيع (5400) وحدة، وذلك عن الربع الرابع. وقد قدرت مخزون أول المدة منه (1,200) وحدة، وحجم دفعة الإنتاج (1,500) وحدة، والبيانات المتعلقة بمختلف الطلبات المتوقعة أسبوعياً هي:

الأشهر	الشهر العاشر	الشهر الحادي عشر	الشهر الثاني عشر
طلبات خارجية	400	500	300
معدل المخزون	300	150	300

المطلوب:

إعداد الجدولة لإنتاج هذه الشركة عن الفترة القادمة (أسبوعياً).

مسألة رقم (2):

تنتج الشركة الأهلية للأثاث المنزلي غرف نوم وغرف طعام، وغرف جلوس، على خط إنتاجي واحد، وذلك باتباع نظام الدفعات. وقد توافرت المعلومات التخطيطية عن عام 2006 التالية:

البيانات	غرف نوم	غرف طعام	غرف جلوس
كمية الإنتاج بالعام المقبل (بالوحدات)	10,000	5000	2500
فترة إعداد الخط (الآلات) لكل سلعة (بالأيام)	7	6	5
تكلفة إعداد الخط (الآلات) بالليرات	20,000	15,000	10,000
الإنتاج اليومي (بالوحدات)	100	50	25
تكلفة تخزين الوحدة الواحدة بالليرات	200	300	400
معدل المخزون	500	300	200
معدل السحب	100	50	30

المطلوب: تنظيم برنامج الإنتاج لهذه السلع على خط الإنتاج للعام 2006.

مسألة رقم (3):

توافرت البيانات التخطيطية لشركة تجميع الثلاجات عن العام القادم 2005، وهي التالية:

البيانـات	السلـع			
	8 قدم	**11 قدم**	**16 قدم**	**24 قدم**
المدى الزمني لنفاد المخزون لكل سلعة	37	17	31	48
فترة الإعداد (بالأيام)	2	3	4	5
فترة الإنتاج (بالأيام)	5	8	10	13
عدد الدفعات من كل سلعة	5	6	5	7

المطلوب: تنظيم برنامج الإنتاج لهذه السلع على خط الإنتاج معتمداً قاعدة المخزون الأقرب للنفاد ثم الأبعد فالأبعد.

مسألة رقم (4):

قدمت الشركة الوطنية لإنتاج أجهزة التلفزيون البيانات التخطيطية حول إنتاجها لعام 2006 التالية:

البيانـات	14 بوصة	20 بوصة	25 بوصة
خط الإنتاج للعام المقبل (بالوحدات)	80.000	50.000	30.000
فترة إعداد الخط (الآلات) بكل سلعة (بالأيام)	5	2	3
الحجم الاقتصادي للدفعة (بالوحدات)	12.500	10.000	5000
معدل المخزون (بالوحدات)	2500	1500	1000
عدد أيام السحب من كل نوع من السلع	250	200	300
الإنتاج اليومي (بالوحدات)	1250	500	250

المطلوب: تنظيم برنامج الإنتاج على خط الإنتاج لمنتجات هذه الشركة.

مسألة رقم (5):

قدمت الشركة الوطنية للصناعة والتجارة البيانات التخطيطية حول إنتاجها لعام 2006 التالية:

البيانــات	**سلعة (أ)**	**سلعة (ب)**	**سلعة (ج)**
خط الإنتاج للعام المقبل (بالوحدات) D	40,000	25,000	15,000
فترة إعداد الخط لكل سلعة (يوم) TL	5	2	3
تكاليف إعداد وتهيئة الخط (بالليرة) S	20,000	15,000	10,000
الحجم الاقتصادي للدفعة (بالوحدات) Q	6,520	5,000	2500
معدل المخزون (بالوحدات)	2500	1500	1000
عدد أيام السحب (بالأيام)	250	250	300
الإنتاج اليومي (بالوحدات) P	1250	500	250
تكاليف تخزين الوحدة (بالليرة) H	1200	1300	1400

المطلوب: تنظيم برنامج الإنتاج لهذه السلع على خط الإنتاج، إذا علمت أن أيام العمل الفعلية لهذه الشركة 240 يوم في الخطة 2006.

مراجـــع الفصل العاشر

1) المنصور، كاسر، قواعد مقترحة لترتيب تعاقب (تسلسل) الأعمال على الآلات، مجلة التعاون الصناعي في الخليج العربي، العدد 85، السنة الثانية والعشرون، يونيو، 2001.

2) المنصور، كاسر، إدارة الإنتاج والعمليات، دار الحامد للنشر، عمان، 2000.

الفصل الثاني عشر

جدولـــة العمليـــات

العناوين الرئيسة:

1- مقدمة في الجدولة

1-1 مفهوم الجدولة

2-1 متطلبات الجدولة

2- قواعد ترتيب الأعمال

2-1 قواعد اولوية الأعمال السريعة.

2- 2 قواعد ترتيب (ن) عمل على (م) آلة

3- نظرية التخصيص

4- تحميل مراكز الإنتاج

4-1 أسلوب التحميل غير المحدود.

4-2 أسلوب التحميل المحدود.

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- توضيح مفهوم جدولة العمليات الإنتاجية وشرح متطلباتها.
2- شرح أهم قواعد الجدولة، وكيفية تطبيق كل منها من خلال أمثلة عملية.
3- شرح نظرية التخصيص، وكيفية تطبيقها على الأعمال والآلات.
4- عرض طرائق تحميل الأعمال على الآلات، والحالات التي تستخدم فيها كل طريقة.

الفصل الحادي عشر
جــدولـــة العمليــات

1. مقدمة في الجدولة

1- 1- مفهوم الجدولة:

تعرف الجدولة بأنها توقيت وترتيب العمليات (الأنشطة) الإنتاجية في فترة الخطة الجدول (11-1) من أجل إيجاد أفضل طريقة لاستغلال الطاقة المتاحة، مع مراعاة جميع المحددات والمعوقات الفنية للإنتاج أو العمليات.

وتهدف الجدولة إلى تحقيق ما يلي:

1. تقليل وقت انتظار الزبون للحصول على المنتج أو الخدمة.
2. تقليل وقت إنجاز العملية من خلال تقليل الهدر من الطاقة الإنتاجية.
3. زيادة إنتاجية العاملين وكفاية التجهيزات الإنتاجية.
4. السيطرة على مستويات المخزون، وكذلك تخفيض التكاليف المباشرة للعمليات.

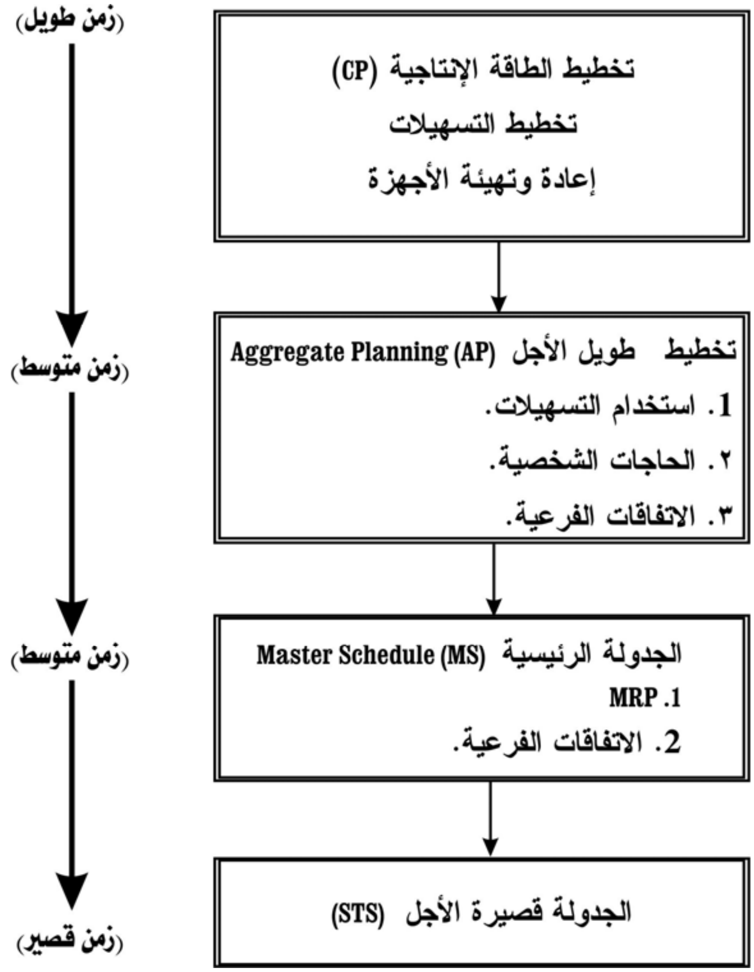
وتتناول الجدولة الأعمال التالية:

- جدولة إنجاز الأعمال، وجدولة عمل الآلات، والقوى العاملة.
- إعداد كشوفات بالمنتجات والخدمات التي تقدم خلال فترة الخطة.
- ترجمة الجدولة الرئيسة إلى خطط تصنيع أو خطط عمليات.

الجدول (11-1) قرارات الجدولة Scheduling Decisions

نوع المنظمة	**المدير عليه أن يجدول ما يلي:**
مشفى	يجهز غرفة العمليات، قبول المرضى، تمريض، أمن، موظفي قسم الصيانة، مواعيد للمرضى الخارجيين، معالجة.
جامعة	غرفة الصف، توجيه وإرشاد، طلاب الدراسات العليا، طلاب دراسات المرحلة الأولى، المساقات، الدورات، جدولة الطلبة، أجهزة سمعية.
مصنع	إنتاج السلع، توقيت شراء المواد، العمال.
شركة طيران	صيانة الطائرة، فريق الطائرة، جدول الإطعام، المغادرة، طاقم تشغيل البطاقات على باب الدخول.

وهناك علاقة وثيقة بين جدولة العمليات، وتخطيط الطاقة الإنتاجية، والتخطيط طويل الأجل، والجدولة الرئيسة، وكما هي موضحة في الشكل (11-1):



الشكل (11-1) العلاقة بين الجدولة الرئيسة قصيرة الأجل، وتخطيط الطاقة الإنتاجية والتخطيط طويل الأجل، والجدولة الرئيسة.

2-1- متطلبات الجدولة

قبل البدء بتحديد متطلبات الجدولة يجب أن نعرّف مصطلحين:

الأول Jop Shop: وهي ورشة العمل أو المصانع التي تعتمد على المراحل التصنيعية بشكل أساسي. وتنتج على الأغلب أكثر من منتج واحد. وتركز على عمليات التصنيع أكثر من نوع المنتج. وتكون Process Focus وتتميز بالآتي:

- يتراوح حجم الإنتاج من صغير إلى متوسط (أو تنتج بالقطعة).
- المنتجات المختلفة تمر بنفس العمليات التصنيعية ولكن بترتيب مختلف.
- التركيز على ال Process.

مثال/ جوايكو: تنتج مطابخ، مكاتب، غرف نوم ....

الثاني Flow shop: وهي ورشة العمل التي تعتمد على المنتج أكثر من المراحل التصنيعية، فالأخيرة تكون ثابتة وبنفس الترتيب وتسمىProduct-foucs، وتتميز بالآتي:

- التركيز على المنتج Product.
- المنتجات المختلفة تمر بنفس المراحل التصنيعية وبنفس الترتيب، وغالباً ما يكون خط الإنتاج مخصصاً لمنتج واحد.
- يتراوح حجم الإنتاج من متوسط إلى كبير.

أما متطلبات الجدولة فهي كما يلي:

- المعلومات الأساسية للجدولة والتي تشمل ما يلي:

1- توقيت إنجاز المهمة أو العمل، وتاريخ الاستحقاق للعمل، والزمن اللازم لإنجاز العمل.
2- جداول الصيانة والأعمال، وكذلك تواريخ العطل والأعياد في النظام.
3- حجم وتوقيت موجات الطلب.
4- كمية وخصائص الموارد المطلوبة للإنتاج.

5- حجم وخصائص الموارد المتاحة المالية والمادية.

- المتطلبات الفنية للأداء: وتتمثل بالعلاقات الفنية بين مراحل أو أماكن العمل.
- حجم العمل (الإنتاج المطلوب).
- الطاقة الإنتاجية المتاحة للعمال والآلات والتجهيزات... الخ.
- تحديد طبيعة الأنشطة أو المهام أو الأعمال المطلوب أداؤها.
- تحديد الترتيب الخاص بأولوية تنفيذ الأعمال، وتوالي العمليات خلال فترة زمنية محددة.
- تحديد الوقت المعياري لأداء كل عمل.
- تخصيص أوامر الإنتاج على مراكز الآلات والعمل المتاحة.
- مراقبة تنفيذ عمليات الإنتاج أثناء العمل، ويتضمن ذلك ما يلي:

وباستخدام مخططات جانت Gantt الشكل رقم (6) نجد أن:

1.مراجعة حالة أوامر الإنتاج وبيان درجة التقدم في إنجازها.

2.تسريع إنجاز أوامر الإنتاج المتأخرة أو الحرجة.

3.تعديل الجدولة في حالة الضرورة استجابة لتغيرات جوهرية في بنية العمل الداخلية أو الخارجية (للسوق).

4.إعادة ضبط أو تكييف الطاقة الإنتاجية لتلائم القدرة على الالتزام بالجدولة.

2. قواعد ترتيب الأعمال Priority Rules and Techniques

تعد قواعد ترتيب الأعمال مرشد ودليل عمل تجريبي مبسط لتحديد تتابع إنجاز الأعمال في مراكز التصنيع والخدمة، وذلك بهدف تخفيض تكاليف المخزون أو تكاليف إعداد الآلات أو تخفيض المهل الزمنية (الانتظار) بين الآلات أو أماكن العمل أو مراكز العمل، وكذلك متوسط عدد الأعمال الموجودة في النظام، وفترات التأخير في تسليم الأوامر للزبائن.

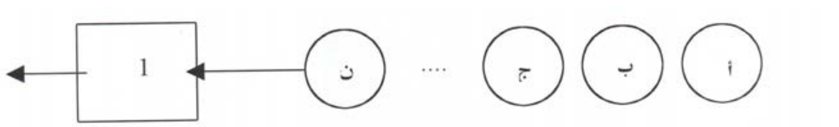
وقواعد ترتيب تسلسل الأوامر (الأعمال) في مراكز الإنتاج كثيرة، وأهم هذه القواعد ما يلي:

2-1- قواعد أولوية الأعمال السريعة

Priority Rules for Dispatching Jobs

يقتصر تطبيق هذه القواعد على ترتيب تسلسل مرور عدة أعمال على آلة واحدة، حيث يأخذ تسلسل تلك الأعمال على الآلة الشكل (2-11) الآتي:

الشكل (2-11) مرور عدة أعمال على آلة



أعمـــال **آلـــة**

وأهم هذه القواعد ما يلي:

1- قاعدة الوارد أولاً يخدم أولاً (FCFS) First-Come First- Served: يتم ترتيب الأعمال (الأوامر) حسب أسبقية وصولها إلى الشركة، وتتبع هذه القاعدة في نظام الإنتاج الخدمي.

2- قاعدة الزمن الأقصر للعملية (SPT) Shortest Processing Time: يتم ترتيب الأعمال حسب وقت التصنيع أو المعالجة الأقصر للعمل.

3- قاعدة التاريخ الأبكر للاستحقاق (EDD) Earliest due date: يتم ترتيب الأعمال حسب أقل عدد أيام متبقي من تاريخ الاستحقاق للعمل، الأقل فالأكثر فالأكثر.

4- قاعدة النسبة الحرجة (CR) Critical ratio: تقوم هذه القاعدة على حساب الفرق بين تاريخ الاستحقاق والتاريخ الجاري مقسوماً على أيام العمل اللازمة للإنجاز أي:

$$\text{النسبة الحرجة} = \frac{\text{تاريخ الاستحقاق- تاريخ التقويم (الجاري)}}{\text{الأيام اللازمة للإنجاز}}$$

تعد هذه القاعدة فعالة في التخطيط والرقابة على الأعمال قصيرة الأجل، لأنها تشير إلى وضع إنجاز الأمر (العمل)، وذلك وفقاً للمستويات الثلاثة التالية:

المستوى الأول: في حالة كانت النسبة الحرجة للعمل أقل من واحد ($CR < 1$) فإن العمل يكون متأخر ويجب التعجيل في إنجازه.

المستوى الثاني: في حالة كانت النسبة الحرجة للعمل مساوية الواحد ($CR = 1$) فإن العمل يسير حسب الخطة.

المستوى الثاني: في حالة كانت النسبة الحرجة للعمل أكبر من الواحد ($CR > 1$) فإن العمل يكون مبكر، ويمكن التباطؤ في إنجازه بمقدار الوقت الفائض.

إن كل من القواعد السابقة تستخدم بكفاية في حالات محددة، ويتم اختيار القاعدة الأنسب بناءاً على مجموعة المعايير الآتية:

- متوسط فترة التدفق Average flow time: ويحسب باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{متوسط فترة التدفق} = \frac{\sum \text{فترات التدفق للأعمال}}{\text{عدد الأعمال}}$$

- متوسط عدد الأعمال في النظام Average Number of Jobs in the System: ويحسب باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{متوسط عدد الأعمال في النظام} = \frac{\text{فترات التدفق}}{\text{الوقت اللازم لإنجاز الأعمال}}$$

- متوسط تأخير العمل Average Job Lateness ويحسب باستخدام العلاقة الآتية:

$$\text{متوسط تأخير العمل} = \frac{\sum \text{فترات التأخير للأعمال}}{\text{عدد الأعمال}}$$

وتحسب فترة التأخير كما يلي:

فترة التأخير للعمل = فترة التدفق للعمل – تاريخ الاستحقاق

وإذا كانت النتيجة سالبة تحوّل إلى صفر ولا يوجد تأخير في هذه الحالة، بل يوجد تبكير في الإنجاز بمقدار الفرق السالب.

وتحسب فترة التدفق كما يلي:

فترة التدفق للعمل = فترة الانتظار + فترة الإنجاز

ويتم اختيار القاعدة التي تؤدي إلى تخفيض قيم تلك المعايير إلى أدنى حد ممكن، أي يتم اختيار قاعدة الترتيب التي يكون فيها متوسط فترة التدفق، أو متوسط عدد العمال، أو متوسط تأخير العمل أقل ما يمكن. وهذا الاختيار يتوقف على سياسة الشركة وتعاملها مع الزبائن، وكذلك على وضعها التنظيمي داخل خطوط الإنتاج والتجميع.

مثال (11-1):

تلقت ورشة صيانة سيارات مرسيدس الأوامر (أ، ب، جـ د، هـ) على التوالي وذلك بتاريخ 2006/6/1، وكل أمر يتطلب فترة معالجة وله تاريخ استحقاق محدد كما في الجدول التالي:

الأعمال	زمن الإنجاز (الأيام)	تاريخ الاستحقاق (أيام)
أ	8	10
ب	8	8
جـ	10	11
د	7	6
هـ	16	19

المطلوب:

ترتيب هذه الأعمال حسب القواعد السابقة واختيار الترتيب المناسب استناداً لكل من معيار متوسط فترة التدفق، ومعيار متوسط عدد الأعمال في النظام، ومعيار متوسط فترة التأخير.

الحل:

1- قاعدة الوارد أولاً يخدم أولاً FCFS:

1	2	3	4	5
ترتيب العمل	زمن الإنجاز (أيام)	تاريخ الاستحقاق (أيام)	زمن التدفق (أيام)	فترة التأخير (3-4)
أ	8	10	8=8+0	-2 ← 0 لا يوجد
ب	8	8	16-8+8	8
جـ	10	11	26=10+16	15
د	7	6	33=7+26	27
هـ	16	19	49=16+33	30
المجموع		**49**	132	80

2. قاعدة الوقت الأقصر للعملية SPT:

5	4	3	2	1
فترة التأخير (3-4)	**زمن التدفق (أيام)**	**تاريخ الاستحقاق (أيام)**	**زمن الإنجاز (أيام)**	**ترتيب العمل**
1	7=7+0	6	7	د
5	15=8+7	10	8	أ
15	23=8+15	8	8	ب
22	33=10+23	11	10	جـ
30	49=16+33	19	16	هـ
73	127	49	المجمــوع	

3. قاعدة الاستحقاق المبكر EDD:

5	4	3	2	1
فترة التأخير (3-4)	**زمن التدفق (أيام)**	**تاريخ الاستحقاق (أيام)**	**زمن الإنجاز (أيام)**	**ترتيب العمل**
1	7=7+0	6	7	د
7	15=8+7	8	8	ب
13	23=8+15	10	8	أ
22	33=10+23	11	10	جـ
30	49=16+33	19	16	هـ
73	127	-	49	المجموع

4. قاعدة النسبة الحرجة CR:

1	2	3	4	5	6
ترتيب العمل	**زمن الإنجاز (أيام)**	**تاريخ الاستحقاق (أيام)**	**النسبة الحرجة 2/3**	**زمن التدفق (أيام)**	**فترة التأخير (4-3)**
د	7	6	0.85	7=7+0	1
ب	8	8	1	15=8+7	7
جـ	10	11	1.1	25=10+15	14
هـ	16	19	1.18	41=16+25	22
أ	8	10	1.25	49=8+41	39
المجموع 49				137	83

المقارنة بين قواعد الترتيب المختلفة وذلك حسب المعايير التالية:

أ- متوسط فترة التدفق:

قاعدة الترتيب	متوسط فترة التدفق (أيام)	المرتبة
FCFS	26.4=5/132 يوم	2
SPT	25.4=5/127 يوم	1
EDD	25.4=5/127 يوم	1
CR	27.4=5/137 يوم	3
القاعدة الأنسب هي كل من قاعدة SPT وقاعدة EDD		

ب- متوسط عدد الأعمال في النظام:

قاعدة الترتيب	متوسط فترة التدفق (أيام)	المرتبة
FCFS	2.69=49/132 يوم	2
SPT	2.59=49/127 يوم	1
EDD	2.59=49/127 يوم	1
CR	2.79=49/137 يوم	3
القاعدة الأنسب هي كل من قاعدة SPT وقاعدة EDD		

ت- متوسط فترة تأخير العمل:

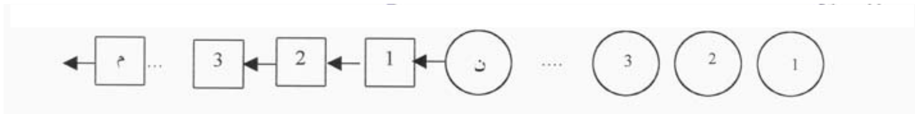
قاعدة الترتيب	متوسط فترة التدفق (أيام)	المرتبة
FCFS	16=5/80 يوم	2
SPT	14.6=5/73 يوم	1
EDD	14.6=5/73 يوم	1
CR	16.6=5/83 يوم	3
القاعدة الأنسب هي كل من قاعدة SPT وقاعدة EDD		

2-2 قواعد ترتيب (ن) عمل على (م) آلة

Sequencing N Jobs on M Machines

يوجد العديد من القواعد التي تتناول ترتيب مرور (ن) عمل على (م) آلة، حيث يأخذ مرور الأعمال على الآلات الشكل (11-3):

شكل (11-3) مرور (ن) عمل على (م) آلة



آلات أعمـال

وأهم هذه القواعد ما يلي:

أ) قاعدة جونسون Johnson's Rule: تتناول هذه القاعدة حالتين وهما:

حالة (1): تتناول ترتيب مرور (ن) عمل على آلتين Sequencing N Jobs On Two Machines.

وإجراءات تطبيق هذه القاعدة الخطوات الآتية:

1- تحديد كافـة الأعمال الواجب القيام بها لمعالجة الأوامر، والأزمنة اللازمة لإنجـاز تـلك الأعمال في كل مركز، ووضعها في جدول على الشكل الآتي:

الأوامر مراكز الإنتاج	الوقت اللازم لإنجاز كل أمر				
	1	2	3	------	ن
مركز (أ)	-	-	-	------	
مركز (ب)	-	-	-	------	

2- إجراء مسح شامل لكافة الأعمال من أجل تحديد النشاط الذي يحتاج أقصر وقت، والقسم المطلوب لتصنيع ذلك النشاط.

3- في حالة كان النشاط الذي يحتاج أقصر وقت معالجة مطلوب تصنيعه في القسم الأول (أو على الآلة الأولى)، فإن هذا النشاط يعطى الأولوية الأولى (يبدأ العمل مبكراً عليه)، أي يوضع في بداية الترتيب.

4- في حالة كان النشاط الذي يحتاج أقصر وقت معالجة مطلوب تصنيعه في القسم الثاني (أو على الآلة الثانية)، فإنه يعطي أولوية متأخرة فيوضع في نهاية الترتيب.

5- بعد تحديد أولوية الأمر يتوجب شطبه من القائمة ثم تستمر عملية المفاضلة بين الأوامر المتبقية وفق نفس الأسلوب.

نشير إلى أنه من خلال جدولة الأعمال التي تستلزم أقصر وقت للمعالجة في بداية ونهاية الجدولة، فإن كمية الوقت المتزامن لتشغيل القسمين الإنتاجين (الآلتين) سوف يتعاظم، وكذلك الوقت الكلي اللازم لإنجاز الأعمال سيتقلص.

مثال (11-2):

ورد لشركة صناعية طلبية لمعالجة الأوامر الإنتاجية (أ، ب، ج، د، هـ)، ويستلزم تصنيع هذه الأوامر تتابعاً يمر أولاً بمركز الخراطة ثم بعد ذلك بمركز الجلخ، وزمناً معين على كل آلة كما هو مبين في الجدول أدناه:

الأوامر	الوقت اللازم لإنجاز كل أمر				
مراكز الإنتاج	**أ**	**ب**	**ج**	**د**	**هـ**
مركز الخراطة	16	14	13	17	19
مركز الجلخ	18	15	11	12	15

المطلوب:

تحديد الجدولة التتابعية (ترتيب مرور الأوامر) التي تقلص الوقت الكلي اللازم لإنجاز هذه الأعمال الخمسة إلى أقصى حد ممكن:

الحل:

1- تحديد الوقت الذي يحتاج إلى أقصر وقت معالجة، وهو هنا (ج)، وطالما هو في المركز الثاني فيعطى أولوية عمل متأخرة، ويشطب من القائمة.

				ج

2- الأمر الثاني الذي يحتاج أقصر وقت معالجة هو (د)، وهو في المركز الثاني، لذلك يعطى أولوية عمل متأخرة.

			د	ج

3- الأمر الثالث الذي يحتاج أقصر وقت معالجة هو (ب)، وهو في المركز الأول لذلك يعطى أولوية عمل مبكرة.

ب			د	ج

4- الأمر الرابع الذي يحتاج أقصر وقت معالجة هو (هـ)، وهو في المركز الثاني لذلك يعطى أولوية عمل متأخرة.

ب		هـ	د	ج

5- نضع الأمر (أ) في الفراغ المبين في الجدول أدناه.

ب	أ	هـ	د	ج

وعليه فإن الجدولة التتابعية لأوامر الإنتاج لهذه الطلبية تكون كما في الجدول الآتي:

مراكز الإنتاج	**ترتيب الأوامر والوقت اللازم لإنجاز كل منها**				
	ب	**أ**	**هـ**	**د**	**ج**
المركزالأول (الخراطة)	14	16	19	17	13
المركز الثاني (الجلخ)	15	18	15	12	11

حالة (2): تتناول ترتيب مرور (ن) عمل على ثلاث آلات Sequencing N Jobs On Three Machines.

إن تطبيق قاعدة جونسون في هذه الحالة يكون ممكن إذا توافر إحدى الشرطين التاليين أو كلاهما:

1- إذا كان أقصر وقت إنتاج على الآلة الأولى ≤ أطول وقت إنتاج على الآلة الثانية.

2- إذا كان أقصر وقت إنتاج على الآلة الثالثة ≤ أطول وقت إنتاج على الآلة الثانية.

على أن يمر الأمر على الآلات الثلاث بالتسلسل.

لحل مثل هذه المسألة نفترض أن لدينا آلتين (س،ص)، ووقت الإنتاج عليهما كالآتي:

- وقت الإنتاج على الآلة (س) لأمر إنتاج معين= وقت هذا الأمر على الآلة الأولى+ وقت الأمر على الآلة الثانية.

- وقت الإنتاج على الآلة (ص) لأمر إنتاج معين= وقت هذا الأمر على الآلة الثانية+ وقت الأمر على الآلة الثالثة.

بهذا نحصل على مركزي إنتاج، وبالتالي نطبق إجراءات الحل في قاعدة جونسون السابق ذكرها على أن تعد (س) هي المركز الأول، و(ص) المركز الثاني.

مثال (11-3):

تلقت ورشة صيانة الثلاجات المنزلية خمسة أوامر إنتاج هي (أ، ب، ج، د، هـ)، تحتاج الإصلاح. ويجب أن تمر هذه الأوامر على مراكز الصيانة الثلاثة الموجودة في الشركة وبالتسلسل، وهي (1، 2، 3)، ووقت المعالجة لهذه الأوامر في مراكز الصيانة الثلاثة كانت كما يلي:

مراكز الصيانة	**الأوامر والوقت اللازم لمعالجة كل منها (بالساعات)**				
	أ	**ب**	**جـ**	**د**	**هـ**
المركز الأول	14	18	20	20	15
المركز الثاني	12	14	10	10	13
المركز الثالث	15	20	25	18	14

المطلوب:

ترتيب هذه الأوامر بالشكل الذي يقلص الوقت الكلي اللازم لإنجاز تلك الأوامر إلى أدنى حد ممكن.

الحل:

أ) نلاحظ من خلال البيانات أعلاه تحقق الشرطين معاً، وهما تساوي أقصر وقت معالجة في كل من المراكز الأول والثاني مع أطول وقت معالجة في المركز الثاني، وهو الرقم (14).

- أقصر وقت معالجة في المركز الأول هو (14) ساعة للأمر (أ).
- أقصر وقت معالجة في المركز الثالث هو (14) ساعة للأمر (هـ).
- أطول وقت معالجة في المركز الثاني هو (14) ساعة للأمر (ب).

ب) تنظيم جدول بالأوامر والوقت اللازم لمعالجة كل منها، ونضيف إليها سطرين وهما:

سطر س= وقت الأمر في المركز الأول + وقت الأمر في المركز الثاني.

سطر ص= وقت الأمر في المركز الثاني + وقت الأمر في المركز الثالث.

فنحصل على الجدول الآتي:

المراكز	الأوامر والوقت اللازم لمعالجة كل منها (بالساعات)				
	أ	ب	جـ	د	هـ
المركز الأول	14	18	18	20	15
المركز الثاني	12	14	10	10	13
المركز الثالث	15	20	25	18	14
المركز (الأول+الثاني) (س)	26	32	28	30	28
المركز (الثاني+الثالث) (ص)	27	34	35	28	27

ت) نطبق قاعدة جونسون كما في المثال (11-2) ونحصل على الترتيب التالي:

أ	ح	ب	د	هـ

ث- ثم يتم تنظيم هذه الأوامر على مراكز الإنتاج الثلاثة، مع بيان ساعة البدء، وساعة الانتهاء، والوقت الذي يكون فيه المركز متوقف عن العمل.

ب- خوارزمية CDS[1] لترتيب (ن) عمل على م آلة:

تعد هذه الخوارزمية تطويراً لقاعدة جونسون لترتيب ن عمل على ثلاثة آلات، حيث تقدم عدداً من الحلول. وهذا العدد يتوقف على عدد الآلات الموجودة في النظام، حيث يكون عدد الحلول الواجب اختبار مثوليتها بإعداد مخططات جانت Charts Gantt كما يلي:

عدد الحلول = عدد الآلات في النظام -1

وسوف نوضح إجراءات تطبيق هذه الخوارزمية على المثال الآتي:

مثال (11-4):

لدينا خمسة أعمال، يعالج كل منها على خمس آلات موجودة في النظام على التسلسل. وأزمنة المعالجة لهذه الأعمال (بالساعات) على الآلات الخمس توضحها المصفوفة الآتية:

الآلات	أ	ب	جـ	د	هـ
الآلة (1)	10	6	8	11	9
الآلة (2)	11	10	12	8	6
الآلة (3)	4	3	8	6	5
الآلة (4)	11	9	8	12	7
الآلة (5)	12	10	8	10	5

الحل:

لتطبيق CDS Algorithm يجب معرفة عدد الحلول الممكنة، واختبار هذه الحلول باستخدام مخططات Charts Gantt، واختبار الحل المقبول والذي ليس بالضرورة أن يكون الحل المثالي بل القريب منه:

الحلول الممكنة في هذه الحالة هي م – 1 = 5 – 1 = 4 حلول

حيث أن: م عدد الآلات الموجودة في النظام.

الحل الأول:

نأخذ زمن المعالجة على الآلة الأولى وزمن المعالجة على الآلة الخامسة فقط فنحصل على ما يلي:

م \ ن	أ	ب	ج	د	هـ
م1	10	6	8	11	9
م2	12	10	8	10	5

وبتطبيق قاعدة جونسون فإن الترتيب يكون كما يلي: ب، جـ أ، د، هـ

الحل الثاني:

نضيف زمن المعالجة على الآلة الثانية إلى زمن المعالجة على الآلة الأولى. ونضيف زمن المعالجة للآلة الرابعة إلى زمن المعالجة على الآلة الخامسة، فنحصل على ما يلي:

م \ ن	أ	ب	ج	د	هـ
م1	21	16	20	19	15
م2	23	19	16	22	12

وبتطبيق قاعدة جونسون فإن الترتيب يكون: ب، د، أ، ج، هـ

الحل الثالث:

نضيف زمن المعالجة على الآلة الثالثة إلى زمن المعالجة على الآلة الأولى في الحل الثاني. ونضيف زمن المعالجة على الآلة الثالثة إلى زمن المعالجة على الآلة الثانية في الحل الثاني فنحصل على ما يلي:

ن / م	أ	ب	ج	د	هـ
م1	25	19	28	25	20
م2	27	22	24	28	17

وبتطبيق قاعدة جونسون فإن الترتيب يكون: ب، أ، د، ج، هـ

الحل الرابع:

نضيف زمن المعالجة على الآلة الثالثة إلى زمن المعالجة على الآلة الأولى في الحل الثاني. ونضيف زمن المعالجة على الآلة الثانية إلى زمن المعالجة على الآلة الثانية في الحل الثالث فنحصل على ما يلي:

ن / م	أ	ب	ج	د	هـ
م1	36	28	36	37	27
م2	38	32	36	36	23

وبتطبيق قاعدة جونسون فإن الترتيب يكون: ب، أ، جـ د، هـ

ولاختبار مثولية الحلول يجب استخدام مخططات Charts Gantt التي تبين الزمن الإجمالي اللازم لمعالجة الأعمال على الآلات.

ومن المخططات Gantt Charts في الأشكال (4، 5، 6، 7) في الملحق رقم (1) الموضحة للحلول الأربعة التي تقدمها خوارزمية CDS نلاحظ الاختلافات في الأزمنة الإجمالية لمعالجة الأوامر، وكما يلي:

الحل الأول: (ب، ج، أ، د، هـ)، والزمن الإجمالي للمعالجة (82) ساعة.

الحل الثاني: (ب، د، أ، ج، هـ)، والزمن الإجمالي للمعالجة (79) ساعة.

الحل الثالث: (ب، أ، د، ج، هـ)، والزمن الإجمالي للمعالجة (77) ساعة.

الحل الرابع: (ب، أ، جـ د، هـ)، والزمن الإجمالي للمعالجة(82) ساعة.

وبمقارنة الزمن الإجمالي للمعالجة في كل حل، نلاحظ أن الحل الثالث يتطلب أقل زمن معالجة إجمالية للأعمال الخمسة على الآلات الخمسة، وبالتالي يكون هو الحل الأفضل.

جـ) خوارزميات كاسر المنصور لترتيب (ن) عمل على (م) آلة:

أ) خوارزمية كاسر 1: قاعدة ترتيب (ن) عمل على آلتين Sequencing N Jobs on two Machines.

إن تسلسل مرور الأعمال على آلتين (بالتسلسل) يأخذ الشكل التالي:



وإجراءات تطبيق هذه القاعدة هي التالية:

1- نشكل مصفوفة من ثلاثة صفوف و(ن) عامود، ثم نضع في الصف الأول الأعمال وفي الصف الثاني الأزمنة اللازمة لمعالجة الأعمال على الآلة (1). كما نضع في الصف الثالث الأزمنة اللازمة لمعالجة الأعمال على الآلة (2).
2- نختار العمل الذي يستغرق أقل زمن معالجة على الآلة الأولى حتى نقلل الوقت العاطل على الآلة الثانية إلى أدنى حد ممكن. في حالة عدم حجز الآلة الثانية لأية أعمال أخرى. ويشترط في هذا الاختيار أن يكون زمن المعالجة على الآلة الأولى أقل من زمن المعالجة على الآلة الثانية لنفس العمل كي لا يزداد الوقت العاطل على الآلة الثانية بمقدار الفرق بين زمن المعالجة على الآلة الأولى وزمن المعالجة على الآلة الثانية.
3- نختار العمل الثاني الذي لا يكون زمن معالجته على الآلة الأولى أكبر مباشرة من زمن معالجة العمل السابق المختار على الآلة الثانية، إذا لم يوجد نأخذ الذي يساويه، فإذا لم يوجد نأخذ الزمن الأصغر منه مباشرة.
4- نكرر الخطوة رقم (3) حتى ننهي ترتيب تسلسل كافة الأعمال.

مثال (11-5):

لدينا مجموعة الأعمال (أ، ب، ج، د، هـ) يجب أن تعالج على الآلة الأولى أولاً ثم الثانية. والأزمنة اللازمة لمعالجة كل أمر على كل آلة كما هو وارد في الجدول الآتي:

الأعمال	أ	ب	ج	د	هـ
زمن المعالجة على الآلة (1) بالساعة	5	3	8	10	7
زمن المعالجة على الآلة (2) بالساعة	2	6	4	7	12

بتطبيق القاعدة (أ) المقترحة على المثال أعلاه نلاحظ ما يلي:

- زمن المعالجة الأقل على الآلة (1) يعود للعمل (ب) وهو (3)، وبالمقارنة مع زمن المعالجة على الآلة (2) لنفس العمل نلاحظ أنه الأصغر لأن الزمن اللازم على الآلة (2) هو (6)، فنختار العمل (ب)، ويكون الأول في الترتيب. ويصبح الترتيب كما في الجدول الآتي:

الأعمال	ب				
زمن المعالجة على الآلة (1) بالساعة	3				
زمن المعالجة على الآلة (2) بالساعة	6				

- نقارن الآن زمن المعالجة للعمل (ب) على الآلة (2) ومقدارها (6) مع أزمنة معالجة الأعمال الباقية على الآلة رقم (1) ونختار العمل الذي يكون زمن معالجته أكبر مباشرة من (6) وهو هنا العمل (هـ) وزمن معالجته على الآلة رقم (1) هو (7). فنختار العمل (هـ) ويكون الثاني في الترتيب. كما في الجدول الآتي:

الأعمال	ب	هـ			
زمن المعالجة على الآلة (1) بالساعة	3	7			
زمن المعالجة على الآلة (2) بالساعة	6	12			

- ونكرر العملية السابقة ونلاحظ أن زمن معالجة (هـ) على الآلة (2) هو (12)، وبالمقارنة مع الأزمنة الباقية لمعالجة الأعمال على الآلة رقم (1) نرى أنها أصغر منه فنختار الأصغر مباشرة، وهو العمل (د)، وزمن المعالجة على الآلة رقم (1) هو (10) ويصبح الترتيب كما يلي:

الأعمال	ب	هـ	د		
زمن المعالجة على الآلة (1) بالساعة	3	7	10		
زمن المعالجة على الآلة (2) بالساعة	6	12	7		

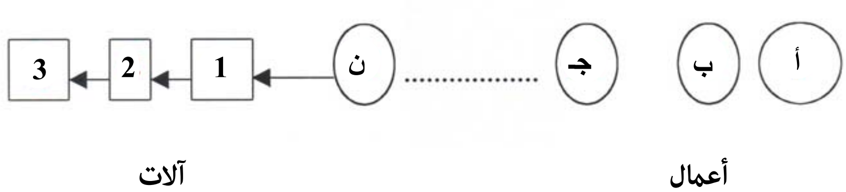
- نكرر العملية السابقة، ونلاحظ أن زمن المعالجة (د) على الآلة (2) هو (7)، وبالمقارنة مع أزمنة المعالجة للأعمال الباقية على الآلة رقم (1) نجد أن زمن المعالجة الأكبر مباشرة هو زمن (ج) وهو (8)، فنختار العمل (ج)، ويصبح العمل الرابع. ويكون الترتيب الأمثل في نهاية هذه العملية كما يلي:

الأعمال	ب	هـ	د	ج	أ
زمن المعالجة على الآلة (1) بالساعة	3	7	10	8	5
زمن المعالجة على الآلة (2) بالساعة	6	12	7	4	2

وباستخدام خرائط Gantt لتحديد الزمن الإجمالي للمعالجة الشكل (1)، نرى أن الزمن الإجمالي لمعالجة هذه الأعمال على الآلتين مقداره (35) يوم وهو أقل زمن ممكن لمعالجة جميع الأعمال.

ب) خوارزمية كاسر 2: قاعدة ترتيب (ن) عمل على ثلاث آلات Sequencing N jobs on Three machines

أن تسلسل الأعمال في هذه القاعدة يأخذ الشكل الآتي:



وإجراءات تطبيق هذه القاعدة هي الخطوات التالية:

1- تشكيل مصفوفة من أربعة صفوف و(ن) عامود. نضع في الصف الأول الأعمال، وفي الصف الثاني والثالث والرابع الأزمنة اللازمة لمعالجة الأعمال على الآلات رقم (1) و(2) و(3) على الترتيب.

2- نختار العمل الذي يحتاج إلى أقصر زمن على الآلة (1) شريطة أن يكون أقصر من زمن نفس العمل على الآلة (3). ونضع هذا العمل أول الترتيب.

3- يتم ترتيب باقي الأعمال بمقارنة زمن المعالجة للعمل المختار أولاً على الآلة رقم (3) مع أزمنة المعالجة على الآلة رقم (2) للأعمال الباقية، ونختار العمل الذي زمن معالجته أكبر مباشرة. فإذا لم يوجد نختار الذي يساويه، فإذا لم يوجد نختار الأصغر مباشرة. ونكرر هذه الخطوة على الأعمال الباقية حتى ننهي ترتيب كافة الأعمال. ويكون الترتيب النهائي هو الأمثل.

مثال (11-6):

لدينا أربعة أعمال يتوجب معالجتها على ثلاث آلات بالتسلسل، والأزمنة اللازمة لمعالجة هذه الأعمال على الآلات الثلاث بالأيام توضحها المصفوفة الآتية:

الأعمال	أ	ب	ج	د
زمن المعالجة على الآلة (1) بالأيام	13	5	6	7
زمن المعالجة على الآلة (2) بالأيام	5	3	4	2
زمن المعالجة على الآلة (3) بالأيام	9	7	5	6

بتطبيق القاعدة (ب) المقترحة على المثال أعلاه نلاحظ ما يلي:

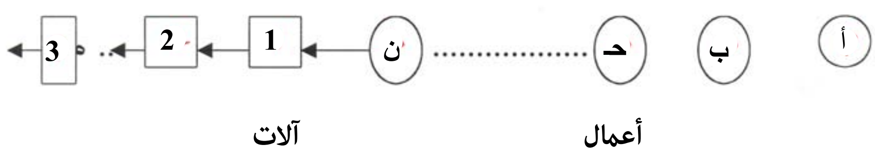
- العمل الذي يحتاج إلى أقل زمن معالجة على الآلة رقم (1) هو (ب)، وهو أصغر من زمن المعالجة على الآلة رقم (3) لذلك نختار العمل (ب)، ويكون ترتيبه الأول.
- بعد أن تم ترتيب العمل (ب) أولاً نلاحظ أن زمن المعالجة على الآلة (3) هو (7)، وبمقارنة هذا الزمن مع أزمنة المعالجة الباقية على الآلة رقم (2) نلاحظ أن كافة الأزمنة الباقية هي أصغر منه، ولذلك نأخذ الأصغر منه مباشرة وهو زمن معالجة (أ) ومقداره (5) ويتم على الآلة رقم (2). ويتم وضع العمل (أ) الثاني في الترتيب.
- نقارن زمن معالجة العمل (أ) على الآلة رقم (3) مع باقي الأزمنة على الآلة رقم (2) فنلاحظ أنها جميعها أصغر من زمن معالجة العمل (أ) على الآلة رقم (3) ومقداره (9) فنأخذ العمل الذي زمن معالجته أصغر مباشرة على الآلة رقم (2)، وهذا العمل هو (ج) وزمن المعالجة هو (4) على الآلة رقم (2) فيتم وضع العمل (ج) الثالث في الترتيب.
- يبقى العمل (د) أخيراً فنضعه الرابع في الترتيب، وبذلك نصل إلى الترتيب الأمثل، وكما في الجدول الآتي:

الأعمال	ب	أ	ج	د
زمن المعالجة على الآلة (1) بالأيام	5	13	6	7
زمن المعالجة على الآلة (2) بالأيام	3	5	4	2
زمن المعالجة على الآلة (3) بالأيام	7	9	5	6

ومقدار الزمن الإجمالي لمعالجة الأعمال على الآلات الثلاث (43) يوم، وكما يتضح ذلك من مخططات جانت Gantt الشكل رقم (H2).

ت- خوارزمية كاسر 3: قاعدة ترتيب (ن) عمل على (م) آلة Sequencing N jobs on M machines

أن تسلسل الأعمال في هذه الحالة يأخذ الشكل الآتي:



تقوم هذه القاعدة على نفس إجراءات القاعدة (ب) شريطة أن تكون المقارنة بين أزمنة آخر آلة والآلة التي قبلها مباشرة.

مثال (11-7):

لدينا خمسة أعمال يعالج كل منها على خمس آلات بالتسلسل وأزمنة المعالجة لهذه الأعمال على الآلات الخمس توضحها المصفوفة الآتية:

الأعمال	أ	ب	ج	د	هـ
زمن المعالجة على الآلة (1) بالساعة	10	6	8	11	9
زمن المعالجة على الآلة (2) بالساعة	11	10	12	8	6
زمن المعالجة على الآلة (3) بالساعة	4	3	8	6	5
زمن المعالجة على الآلة (4) بالساعة	11	9	8	12	7
زمن المعالجة على الآلة (5) بالساعة	12	10	8	10	5

بتطبيق إجراءات القاعدة (ج) نلاحظ ما يلي:

- نبدأ بالعمل الذي يتطلب أقل زمن معالجة على الآلة رقم (1) شريطة أن يكون أقل من زمن المعالجة على الآلة الأخيرة آلة رقم (5). وهنا نرى أن العمل الذي يحقق ذلك هو (ب) حيث زمن معالجته على الآلة رقم (1) هو (6) وعلى الآلة رقم (5) هو (10). نضعه في الترتيب أولاً ثم نقارن بين زمن معالجته على الآلة رقم (5) مع أزمنة المعالجة للأعمال الباقية على الآلة رقم (4). ونختار الأكبر مباشرة وهو زمن معالجة العمل (أ) ويساوي (11)، فنختار العمل (أ) ويكون ترتيبه الثاني.
- نقارن بين زمن معالجة العمل (أ) على الآلة رقم (5) وأزمنة الأعمال المتبقية على الآلة رقم (4) ونختار الأكبر مباشرة. وإذا لم يوجد نختار الذي يساويه، ونلاحظ أنه العمل (د) حيث أن زمن معالجته على الآلة رقم (4) هو (12)، لذلك نضع العمل (د) الثالث في الترتيب.
- نقارن بين زمن معالجة العمل (د) على الآلة رقم (5)، وأزمنة الأعمال المتبقية على الآلة رقم (4)، ونختار أكبرها مباشرة. وهنا لا يوجد، فنأخذ العمل الذي زمن معالجته على الآلة (4) أصغر مباشرة، وهو هنا العمل (ج) وزمن معالجته على الآلة رقم (4) هو (8) ونضع العمل (ج) الرابع في الترتيب.

بقي العمل الأخير وهو (هـ) نضعه في آخر الترتيب، ويصبح الترتيب المثالي على الشكل التالي:

الأعمال	ب	أ	د	جـ	هـ
زمن المعالجة على الآلة (1) بالساعة	6	10	11	8	9
زمن المعالجة على الآلة (2) بالساعة	10	11	8	12	6
زمن المعالجة على الآلة (3) بالساعة	3	4	6	8	5
زمن المعالجة على الآلة (4) بالساعة	9	11	12	8	7
زمن المعالجة على الآلة (5) بالساعة	10	12	10	8	5

3- نظرية التخصيص Assignment Method

تستخدم هذه النظرية في ترتيب الأوامر وتوزيعها على عدة مراكز إنتاج، حيث يكون عدد المراكز مساو لعدد الأوامر، وذلك في حالة معرفة الزمن اللازم لإنجاز كل أمر على كل آلة أو قسم أو مركز عمل. والهدف من هذه العملية هو خفض التكلفة المتمثلة بوحدات نقدية أو زمنية. والمبدأ الذي يتم على أساسه التخصيص هو الاختلاف في كفاءة الأداء من آلة لأخرى أو من مركز لآخر، نظراً لاختلاف طبيعة الأوامر أو المهمة المطلوب تنفيذها. فهناك مركز عمل معين يمكنه أداء مهمة معينة بكفاءة أعلى من غيره. ولقد ورد شرح نظرية التخصيص مع الأمثلة في الفقرة الثالثة في فصل البرمجة الخطية (مسائل التخصيص).

4- تحميل مراكز الإنتاج loading

يقصد بالتحميل عملية توزيع أعباء العمل (العبء) على مراكز الإنتاج أو العمليات خلال فترة الخطة، مفصلة بالساعات، والأيام، والأسابيع. وهذه العملية ضرورية لتخطيط ورقابة الطاقة الإنتاجية في أنظمة الإنتاج الصناعية والخدمية، وبخاصة في حالة إتباع نمط الإنتاج المتقطع نظام الإنتاج بالدفعات Batch Production.

أن التحميل الجيد للعبء على مراكز الإنتاج يؤدي إلى استغلال الطاقة الإنتاجية المتاحة بكفاية، ويزيد من فعالية نظام الرقابة على تدفق العمليات في النظام.

أن عملية التحميل يمكن أن تتم بإحدى الأسلوبين التالين:

4-1- أسلوب التحميل غير المحدود

يتم تحميل الآلات أو مراكز الإنتاج بكامل العبء اليومي دون الأخذ بالحسبان للطاقة الإنتاجية المتاحة يومياً، حيث تحمل المراكز كما لو كانت طاقتها الإنتاجية غير محدودة. ويستخدم كوسيلة مساعدة في التحميل خرائط جانت Gant Charts.

في هذه الحالة فإن الأوامر (العبء) يمكن أن يتراكم من يوم لآخر، وبالتالي فإن التأخير في تسليم أوامر الإنتاج يكون وارد. ولهذا يجب إعداد برنامج خاص للبدء بمعالجة كل أمر، وكذلك لتحديد تاريخ إنهائه.

مثال (11-9):

وردت إلى شركة الخدمات الفنية مجموعة أوامر الإنتاج حسب التواريخ والأزمنة اللازمة لمعالجة كل منها (ساعة) الوارد في الجدول التالي:

التاريخ	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2
العبء المطلوب	250	250	200	150	130	120	100	100	50	50	100	100	50
الأمر	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط	ي	ك	ل	م

إن الطاقة الإنتاجية المتاحة في مركز الإنتاج تبلغ 150 ساعة/يوم، وسوف تعطل الشركة في 26 بمناسبة عيد المولد النبوي الشريف.

المطلوب:

تحميل هذه الأعمال (الأوامر) على مركز الإنتاج، مع بيان تاريخ بدء وانتهاء كل عمل.

الحل:

التاريخ والطاقة		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	المجموع
الأوامر والعبء		150	150	150	150	150		150	150	150	150	150	150	1650
أ	250	150	100											250
ب	250		50	150	50									250
جـ	200				100	100								200
د	150					50		100						150
هـ	130							50	80					130
و	120								70	50				120
ز	100									100				100
ح	100										100			100
ط	50										50			50
ي	50											50		50
ك	100											100		100
ل	100												100	100
م	50												50	50
المجموع	1650	150	150	150	150	150		150	150	150	150	150	150	1650 / 1650

2-4 أسلوب التحميل المحدود

يتم تحميل الآلات أو مراكز الإنتاج بالعبء اليومي، مع الأخذ بالحسبان للطاقة الإنتاجية المتاحة يومياً. ولهذا إذا كان العبء أكبر من الطاقة الفعلية المتاحة فإنه يتم نشر العبء على فترة طويلة، وبحيث يتم دمج عملية التحميل، وتحديد ترتيب الأعمال والجدولة للعمليات في نظام واحد.

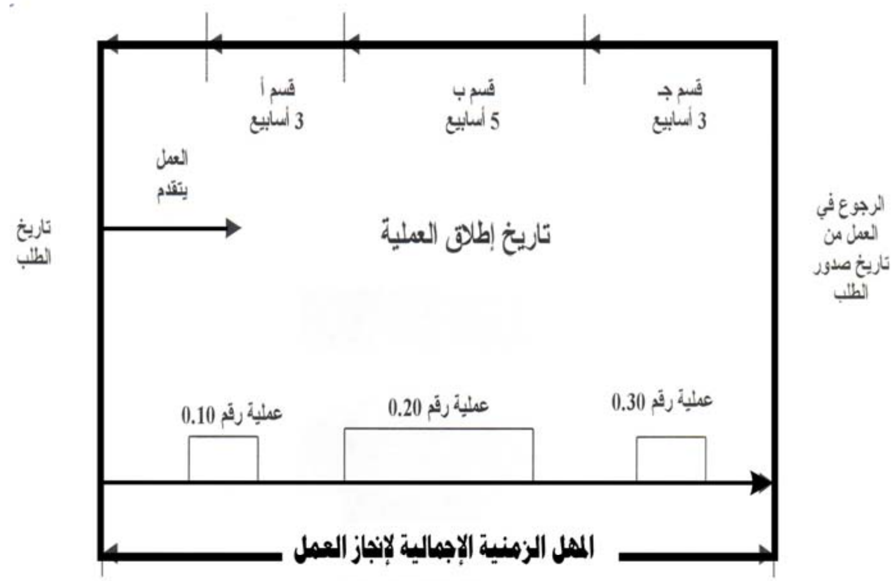
تبدأ عملية التحميل المحدود بمستوى طاقة محددة لكل مركز إنتاج بلائحة أوامر الإنتاج المحتملة، ويتم تخصيص الطاقة الإنتاجية في المراكز (ساعات عمل الآلات أو ساعات عمل العمال) للأوامر بتحديد وقت البدء ووقت الإنتهاء لكل طلب. وبذلك يقدم هذا النظام جدولاً تفصيلياً لكل أمر، ولكل مركز إنتاجي مبنياً على حدود الطاقة الإنتاجية المحدودة في المراكز. ويتم تحديد قاعدة الترتيب التي ستتبع بناءاً على تاريخ تسليم الطلب إلى الزبون، واستناداً إلى ذلك يجري الجدولة باستعمال إحدى القاعدتين التاليتين:

4-2-1- الجدولة الأمامية Forward Scheduling: إن إجراءات الجدولة الأمامية تتم كما يلي:

أ- نبدأ بترتيب الأعمال حسب تسلسلها، ويتم ترتيب التسلسل حسب الوقت الأقرب لتسليم الأعمال.

ب- نبدأ بجدولة العمل الأول، وبالعملية الأولى منه، وفي الساعة الأولى لبدأ العمل.

ج- بعد ذلك نبدأ بالعمل الثاني، وهكذا، وبالوقت المتبقي للإنهاء.



شكل (11- 9) الجدولة الأمامية

ويتم جدولة الأعمال حسب وقت البدء الأبكر للعمل لكي تنجز الطلبية قبل موعد التسليم.

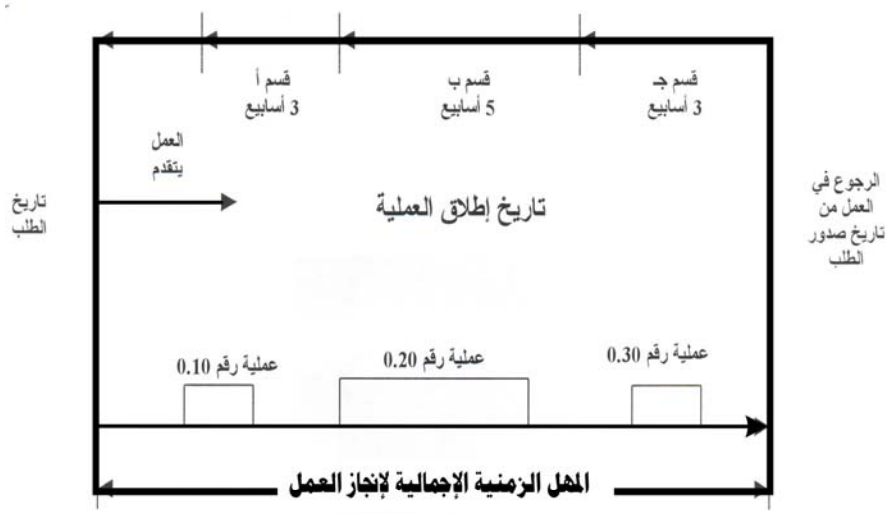
تستخدم الجدولة الأمامية في شركات التعدين، وصناعة الأدوات والآلات، حيث الأعمال تنجر بناءاً على طلبات الزبائن، وتتكرر باستمرار بأوقات متقاربة. وكشرط لفعالية تطبيقها هو أن يكون موعد تسليم (إنهاء العمل) على أساس التسليم في أقرب وقت. تعاب هذه الطريقة بأنها تتطلب الاحتفاظ بمخزون كبير لإنتاج الطلبية بموعد أكبر من موعد التسليم.

4-2-2- الجدولة الخلفية Backward Scheduling: تقوم الجدولة الخلفية باتباع الخطوات التالية:

أ- نبدأ بترتيب الأعمال حسب تسلسلها.

ب- نبدأ بجدولة العمل الأول بالترتيب، وبالعملية الأخيرة منه وفي الساعة الأخيرة من الزمن المتاح للعمل.

ج- بعد ذلك نبدأ بالعمل الثاني، وهكذا بالوقت المتبقي للبدء.



شكل (11-10)

الجدولة الخلفية

تستخدم الجدولة الخلفية في خطوط التجميع، لأنها تؤدي إلى تقليل مخزون العملية. وتطبق عندما تكون مواعيد التسليم محددة، وتتم بوضع الأمر الأكثر أهمية في مرحلته الأخيرة في أبعد وقت يؤدي إلى انتهائه في تاريخ التسليم، ومن ثم يجري طرح زمن كل فعالية أو حادث البدء.

تمتاز هذه القاعدة بأنها تؤدي إلى تخفيض المخزون قيد الصنع، وبالتالي تكاليف التخزين. وتعاب بأن أي خطأ في تقدير الموارد، وكذلك الأوقات التي يجب أن تكون متاحة فيها يؤدي إلى تعطيل في النظام وتأخير في مواعيد التسليم.

مثال (11-10):

لدينا الأعمال (أ، ب، جـ) مطلوب إنجازها في ورشة الصيانة، والأزمنة لإنجاز كل منها موضحة في الجدول التالي، علماً أن ساعات العمل يومياً 13 ساعة، منها ساعة واحدة استراحة:

عمل أ			عمل ب			عمل جـ		
تسلسل العمليات	رقم الآلة	عدد ساعات التشغيل	تسلسل العمليات	رقم الآلة	عدد ساعات التشغيل	تسلسل العمليات	رقم الآلة	عدد ساعات التشغيل
1	1	2	1	1	2	1	1	1
2	2	2	2	2	3	2	2	2
3	3	2	3	3	2	3	3	1
المجموع		6	المجموع		7	المجموع		4

المطلوب:

أ- جدولة الأعمال على الآلات حسب كل من قاعدة الجدولة الأمامية، وقاعدة الجدولة الخلفية، إذا علمت أن المنظمة تتبع في تسلسل الطلبات قاعدة الوارد أولاً يخدم اولاً.

ب- جدولة الأعمال على الآلات حسب كل من قاعدة الجدولة الأمامية والجدولة الخلفية، إذا عملت أن المنظمة تتبع في تسلسل الطلبات قاعدة الوقت الأقصر للتشغيل.

الحل:

أ- الجدولة حسب قاعدة الوارد أولاً يخدم أولاً:

الآلات والجدولة / الساعات المتاحة		1	2	3	4	5	6	7 استراحة غداء	8	9	10	11	12	13
الجدولة الأمامية	م1	أ	أ	ب	ب	ج								
	م2			أ	أ	ب	ب		ب	ج	ج			
	م3					أ	أ			ب	ب	ج		
الجدولة الخلفية	م1			جـ	ب	ب			أ	أ				
	م2				ج	ج	ب		ب	ب	أ	أ		
	م3									ج	ب	ب	أ	أ

ب- الجدولة حسب قاعدة الوقت الأقصر للمعالجة:

الآلات والجدولة / الساعات المتاحة		1	2	3	4	5	6	7 استراحة غداء	8	9	10	11	12	13
الجدولة الأمامية	م1	ج	أ	أ	ب	ب								
	م2		ج	ج	أ	أ	ب		ب	ب				
	م3				ج		أ		أ		ب	ب		
الجدولة الخلفية	م1			ب	ب		أ		أ		ج			
	م2					ب	ب		ب	أ	أ	ج	ج	
	م3									ب	ب	أ	أ	ج

مسائل الفصل الحادي عشر

مسألة (1):

ترغب ورشة إصلاح سيارات BMW ترتيب وجدولة الأعمال (أ، ب، جـ د، هـ) الواردة على التوالي لضمان أقل متوسط فترة تأخير للعمل، والبيانات المتعلقة بهذه الأعمال موضحة في الجدول التالي:

تسلسل الأعمال	تاريخ الاستحقاق (بالأيام)	زمن العملية
أ	18	10
ب	10	8
جـ	16	6
د	12	12
هـ	19	11

المطلوب: أيهما أفضل لترتيب هذه الأعمال قاعدة الوقت الأقصر للمعالجة أم قاعدة تاريخ الاستحقاق المبكر.

مسألة (2):

أخذت من قسم التجميع في الشركة الصناعية لنهر الأردن البيانات حول زمن إنجاز وتاريخ استحقاق خمسة أعمال وردت إلى القسم بالتسلسل، وهي (أ، ب، جـ د، هـ)، والبيانات موضحة في الجدول التالي:

تسلسل الأعمال	تاريخ الاستحقاق (بالأيام)	زمن العملية
أ	15	12
ب	20	20
جـ	22	20
د	18	20
هـ	26	18

المطلوب: حساب كل من متوسط فترة التدفق، ومتوسط فترة التأخير، ومتوسط عدد الأوامر الموجودة في النظام، إذا علمت أن الشركة تتبع في ترتيب الأعمال قاعدة الوارد أولاً يخدم أولاً، وقاعدة النسبة الحرجة أيهما أفضل.

مسألة رقم (3):

وردت لشركة صناعية طلبية لإنتاج الأوامر الخمسة التالية (أ، ب، ج، د، هـ)، ويستلزم تصنيع هذه الأوامر تتابعاً يمر أولاً بمركز الخراطة ثم بعد ذلك بمركز الجلخ، وذلك كما هو مبين في الجدول التالي:

مراكز الإنتاج	الأوامر والوقت اللازم لإنجاز كل منها (بالأيام)				
	أ	ب	ج	د	هـ
مركز الخراطة	8	13	15	9	7
مركز الجلخ	10	10	8	1	5

المطلوب:

1- تحديد الجدولة التتابعية (ترتيب مرور الأوامر) التي تقلص الوقت الكلي اللازم لإنجاز هذه الأعمال الخمسة، ثم احسب الوقت الضائع في كل مركز، ثم وضح الجدولة بيانياً.

2- بيان ساعة البدء وساعة الانتهاء لكل أمر على كل آلة.

مسألة رقم (4):

وردت للشركة العربية للصناعة خمسة أوامر إنتاج هي (أ،ب، ج، د، هـ)، ويجب أن تعالج على ثلاث آلات موجودة في الشركة وبالتسلسل (1، 2، 3)، وكانت متطلبات المعالجة لهذه الأوامر على الآلات الثلاث بالساعات كما يلي:

الآلات \ الأوامر	أ	ب	ج	د	هـ
م1	8	12	14	10	9
م2	5	6	4	6	8
م3	10	8	12	14	10

المطلوب:

ترتيب مرور هذه الأوامر على الآلات الثلاث بالشكل الذي يقلص الوقت الكلي اللازم لإنجاز تلك الأوامر إلى أدنى حد ممكن، وبيان ساعة البدء وساعة الانتهاء لكل أمر، والوقت اللازم لإنجاز كافة الأوامر.

مسألة رقم (5):

وردت لشركة صيانة السيارات الألمانية أربعة أوامر عمل هي (أ، ب، ج، د)، تتطلب مروراً متسلسلاً على الورشات الأربعة التالية (1، 2، 3، 4). وهذه الأوامر تتطلب أزمنة معالجة مختلفة على تلك الآلات (بالساعات)، وكما هي واردة في الجدول التالي:

الأعمال	**الآلات**			
	1	**2**	**3**	**4**
أ	6	8	6	5
ب	2	6	2	4
ج	9	10	8	7
د	6	10	11	8

المطلوب:

ترتيب مرور هذه الأوامر على ورشات الصيانة بما يقلص الوقت الكلي اللازم لإنجاز تلك الأوامر إلى أدنى حد ممكن، وجدولة أزمنة البدء وأزمته الانهاء لكل عمل على تلك الآلات.

مسألة رقم (6):

تلقت شركة صناعية ثلاثة أوامر إنتاج على التوالي (أ، ب، ج) تنجز على ثلاث آلات غير محجوزة، تعمل لمدة (12) ساعة/يوم. وكما هو موضح في الجدول التالي:

أ			ب			ج		
تسلسل العمليات	**رقم الآلة**	**عدد ساعات العمل**	**تسلسل العمليات**	**رقم الآلة**	**عدد ساعات العمل**	**تسلسل العمليات**	**رقم الآلة**	**عدد ساعات العمل**
1	1	2	1	1	3	1	1	2
2	2	3	2	2	2	2	2	2
3	3	2	3	3	2	3	3	3

المطلوب:

تحميل هذه الأوامر على الآلات حسب الجدولة الأمامية، علماً أن المنظمة تتبع في تسلسل الأوامر قاعدة الوارد أولاً يخدم أولاً.

مسألة رقم (7)

شركة خدمات تقدم خدماتها في مدينة عمان في مركزها الرئيسي والطاقة الإنتاجية فيها 150 خدمة/ يوم، والخدمة الواحدة تستغرق ساعة عمل كاملة، وردتها طلبات من الزبائن للأسبوع القادم، وكما هي موضحة في الجدول التالي:

التاريخ	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**
الخدمات المطلوبة	300	200	150	100	200	50	50
رمز الأمر	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز

المطلوب: تحميل العبء المطلوب على المركز، وبيان تاريخ إنجاز كل أمر.

مراجع الفصل الحادي عشر

1- المنصور، كاسر، **قواعد مقترحة لترتيب تعاقب تسلسل الأعمال على الآلات**، مجلة التعاون الصناعي في الخليج العربي، العدد 85، السنة الثانية والعشرون، يوليو 2001م.

2- المنصور، كاسر، **استخدام المصفوفات في جدولة الأعمال التي تتطلب مروراً متسلسلاً على الآلات**، خوارزميات، مؤتمر كلية المنصور 2002، مجلة المنصور، العدد 3، 2002.

3- Narashinham, S.L., Mcleavy, D.W., and Billington, PJ., Production Planning and Inventory Control, Prentice-Hall of India, New Daehi, 1997.

4- Andrew Gilman, "Interstin Finite Scheduling is Growing Why?" APICS: The Performance Advantage, 4, no.8 (Aguust 1994): P.45-48.

5- Jay Heizer and Barry Render, "Production and Operations Management, 5th ed. Prentice-Itall, Nj., 1997.

6- Bechlod S., E., Brusco, M.J., and Showalter, M.J., "A Comparative Evaluation of Tour Scheduling Models, "Decision Scienccs Vol. 22, No. 4 (September-October, 1991), PP. 683-699.

7- Chase Richard B. and Nicholas]. Aquilano, Production and Operations Management, 7th ed. MC Graw Hill, New York, 1996.

ملحق رقم (1)

خوارزمية كاسر المنصور (2)

استخدام المصفوفات في جدولة الأعمال

التي تتطلب مروراً متسلسلاً على الآلات

(ن) عمل و(م) آلة

- **مجلة المنصور، العدد الرابع (عدد خاص)، بغداد- العراق 2002**
- **المؤتمر العلمي السادس للفترة من 7-2002/4/8، كلية المنصور الجامعة، بغداد، العراق 2002.**

استخدام المصفوفات في جدولة الأعمال
التي تتطلب مروراً متسلسلاً على الآلات

"خوارزمية مقترحة"
الدكتور كاسر نصر المنصور

الملخص:

تعد جدولة الأعمال من المسائل الصعبة، وبخاصة عندما يتطلب إنجاز هذه الأعمال مروراً متسلسلاً على عدد كبير من الآلات أو أماكن العمل، وذلك بسبب تشابك أزمنة معالجة تلك الأعمال على الآلات من جهة، وعدم وجود وسائل ذات كفاية عالية في توضيح عمليات الجدولة؛ باستثناء مخططات (خرائط) جانت Gantt Charts والتي تتصف بعدم كفايتها في جدولة الأعمال الكثيرة ذات أزمنة الإنجاز الطويلة. في هذا الإطار فإن هذا البحث توصل إلى تقديم طرائق (خوارزميات) جديدة ذات كفاية عالية في جدولة الأعمال مقياسه بمخططات جانت. وتتصف هذه الخوارزميات بالسهولة، والبساطة، والوضوح. وتقدم معلومات ذات أهمية حول سير إنجاز الأعمال. وتساعد في تسهيل عملية الوصول إلى حلول مثالية، لترتيب تعاقب الأعمال على الآلات باستخدام قواعد الترتيب المعروفة، وبخاصة خوارزمية CDs لترتيب مرور (ن) عمل على (م) آلة.

مقدمة

إن جدولة معالجة وإنجاز الأعمال في صالات الإنتاج والتجميع وفي ورشات الصيانة والإصلاح...، تبقى من المسائل الصعبة، وتختلف من منظمة لأخرى، وتعتمد على الخبرة والمهارة، وذلك بسبب انخفاض كفاية طرائق الجدولة المعروفة ووسائلها بالإضافة إلى نقاط ضعفها الكثيرة المتمثلة في ندرتها وصعوبة توضيح القائم منها لعمليات الجدولة[1]. فباستثناء مخططات جانت العادية والمطورة لا توجد وسائل أخرى معروفة على نطاق واسع تساعد في جدولة الأعمال. وحيث أن هذه المخططات أثبتت نجاحها المحدود في جدولة الأعمال القائمة على التحليل الشبكي "إدارة المشاريع"، فإنها أثبتت فشلها على صعيد جدولة الأعمال. التي تتطلب مروراً متسلسلاً على عدد من الورشات أو الآلات أو أماكن العمل[2]. فهي لا تقدم فوائد تذكر في هذا المجال، وبالتالي، بقيت مشاكل جدولة الأعمال في قطاع الصناعة وقطاع الخدمات قائمة تحتاج وبإلحاح إلى حلول وطرائق وأساليب ذات كفاية عالية وعامة التطبيق. لهذا فإن هذه الدراسة تصب في مجال اهتمام مهندسو ومديرو ومراقبو الإنتاج والعمليات، وكذلك أصحاب الاختصاص والمعنيين على الصعيد العلمي وفي الحياة العملية لقطاع الصناعة والخدمات[3].

مشكلة الدراسة:

بالرغم من أهمية الجدولة في تخطيط وضبط تدفق عمليات الإنتاج، وكذلك ضمان استغلال طاقة الآلات والقوى العاملة على أفضل وجه، فإن الحياة العملية في هذا الحقل تفتقر إلى طرائق ووسائل ذات كفاية يمكن أن تستخدم بسهولة وبساطة في جدولة الأعمال التي تتطلب عملية إنجازها مروراً متسلسلاً على عدد من الآلات أو أماكن العمل[4]. ولهذا فإن معظم المنظمات تعتمد في حل مسائل جدولة الأعمال على خبرات ومهارات مديرو ومراقبو الإنتاج فيها، وتستخدم في

ذلك مخططات جانت على نطاق واسع رغم محدودية فوائدها، وبالتالي فإن الصعوبات والمشكلات المرتبطة بالجدولة تبقى قائمة في المنظمات. الأمر الذي يكلف تلك المنظمات كثيراً من الجهد والمال، ويدفع المعنيين باتجاه البحث عن حلول (طرائق ووسائل) أكثر كفاية، وتكون عامة التطبيق تساعد في تبسيط وتوضيح عملية الجدولة، وتخفف من أعباء تخطيط وجدولة ومراقبة الإنتاج.

إن استخدام مخططات جانت كوسيلة رئيسة في جدولة الأعمال لا تقدم الفائدة المرجوة في حالة الأعمال الكبيرة ذات الأزمنة الطويلة. علماً أن هذه المخططات لا تعدو كونها وسيلة توضيحية، لا تستند إلى أسس علمية أو منطق رياضي في حل مسائل تقوم على البيانات العلمية مثل الجدولة. لهذا فإن المشكلة تبقى قائمة في ظل مخططات جانت، ولابد من البحث عن وسائل وطرائق أكثر كفاية تقوم على أسس علمية مثل (المصفوفات).

الطرائق والوسائل السابقة:

إن طرائق ترتيب جدولة (ن) عدد من الأعمال على (م) عدد من الآلات عديدة، وأهمها ما يلي:

أ- قاعدة جونسون Johnson's Rule: وتتكون من حالتين وهما[5]:

الحالة (1): تتناول ترتيب (ن) عمل على آلتين، وهي قاعدة عامة تطبق بدون شروط أو استثناءات.

الحالة (2): تتناول ترتيب (ن) عمل على ثلاث آلات، وهي قاعدة خاصة يتطلب تطبيقها توافر شروط محددة، وفي حالة عدم توافر تلك الشروط يتعذر تطبيق هذه القاعدة.

تقوم قاعدة جونسون في الحالتين على استخدام مخططات جانت في حساب زمن إنجاز الأعمال على كل آلة، وحساب الزمن الإجمالي لإنجاز كافة الأعمال على الآلات الموجودة في النظام، بالإضافة لاسخدامها في توضيح جدولة تلك الأعمال، وكما يوضح ذلك المثال التالي[6]:

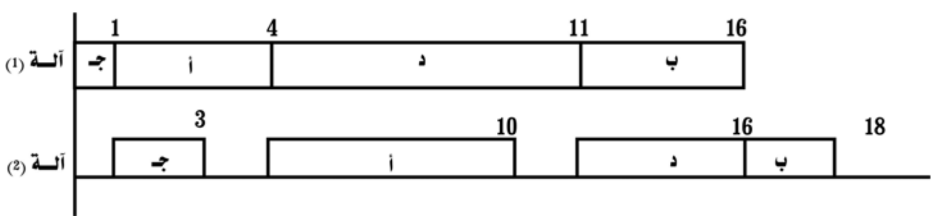
مثال رقم (1):

الجدول التالي يبين الأعمال والأزمنة اللازمة لمعالجة كل منها على الآلات الموجودة في النظام:

الزمن (بالساعة)

الأعمال	آلة (1)	آلة (2)
أ	3	6
ب	5	2
ج	1	2
د	7	5

بتطبيق قاعدة جونسون فإن الترتيب المثالي يكون (ج، أ، د، ب). ولمعرفة الزمن اللازم لإنجاز الأعمال على كل آلة، ولمعرفة الزمن الإجمالي لإنجاز الأعمال على الآلات، وكذلك لجدولة إنجاز الأعمال يجب استخدام مخططات جانت، وكما هو موضح بالشكل (1):



الشكل رقم (1)

ب- خوارزمية CDS[7] لترتيب (ن) عمل على (م) آلة: إن تطبيق هذه الخوارزمية يتطلب استخدام مخططات جانت وذلك لاختبار مثولية الحلول التي تقدمها هذه الخوارزمية وصولاً لاختيار الحل الأمثل، من خلال حساب الزمن الإجمالي لإنجاز (ن) عمل على (م) آلة لكل حل ممكن. كما أن جدولة الأعمال التي يتم ترتيبها حسب الحل الأمثل يتطلب استخدام مخططات جانت لتوضيحها، وكما يوضح ذلك المثال التالي[8]:

مثال رقم (2):

الجدول التالي يبين الأعمال والأزمنة اللازمة لمعالجة كل منها على الآلات الموجودة في النظام:

الزمن (بالساعة)

الأعمال	آلة (1)	آلة (2)	آلة (3)	آلة (4)
أ	3	1	11	13
ب	3	10	13	1
ج	11	8	15	2
د	5	7	7	9
هـ	7	3	21	4

إن الحلول التي تقدمها خوارزمية CDS لترتيب مرور هذه الأعمال هي:

م-1= 4-1=3 ثلاث حلول.

حيث أن:

م= هي عدد الآلات الموجودة في النظام.

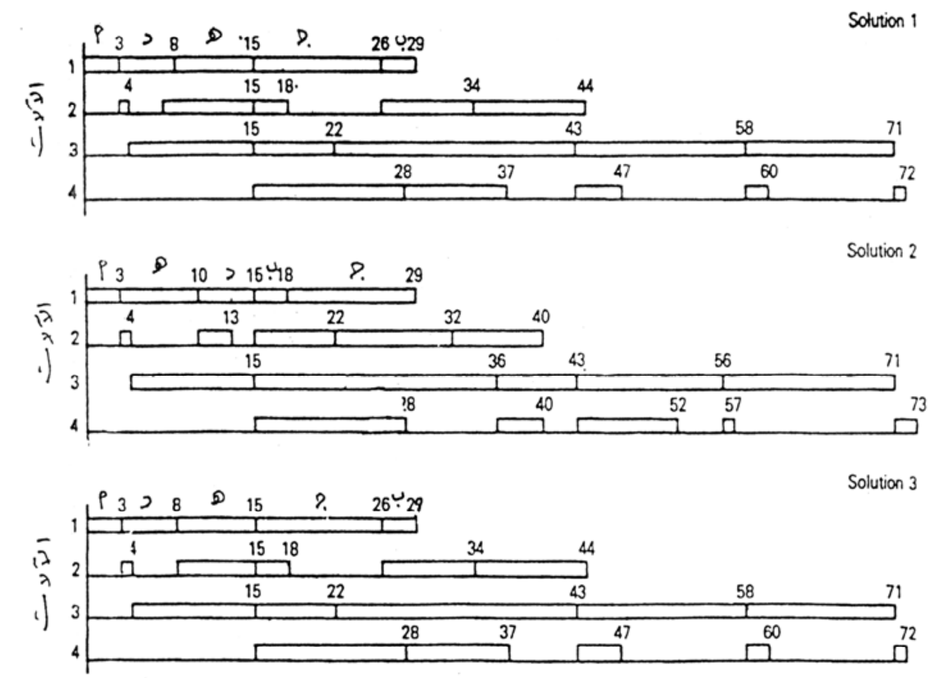
وهذه الحلول هي التالية:

الحل الأول: أ، د، هـ ج، ب

الحل الثاني: أ، هـ د، ب، ج

الحل الثالث: أ، د، هـ ج، ب

ولاختبار مثولية هذه الحلول واختيار الحل الأمثل نحتاج إلى توضيح كل حل باستخدام مخططات جانت، حيث نختار الحل الذي يتطلب أقل زمن معالجة لكافة الأعمال على الآلات. وأن مقارنة الحلول على مخططات جانت تظهر أن الحل الأمثل –القريب من الأمثل- هو الأول أو الثالث، وكما توضح ذلك مخططات جانت، الشكل (2).



الشكل رقم (2)

إن استخدام مخططات جانت في حالة جدولة (ن) عمل على آلة واحدة أو آلتين، وفي الحدود القصوى على ثلاث آلات يمكن أن تكون مفيدة أو مقبولة فنياً[9]. لكن أكثر من ذلك فإن استخدام المخططات لا يكوم مجدي مطلقاً، بل هو عبارة عن مضيعة للوقت والجهد، وزيادة في تعقيد الجدولة[10]، وذلك للعيوب التي تتصف بها هذه المخططات، مثل:

- تحتاج إلى جهود كبيرة لإعدادها، وبخاصة عندما تتعقد الأعمال وتتشابك العمليات[11].
- تحتاج إلى استخدام وسائل توضيحية كثيرة مثل الألوان والترميز وغير ذلك.
- تفترض استمرار تنفيذ الأعمال حسب الخطط المقررة[12].
- أي تعديل على الأزمنة المعطاة (زيادة أو نقص) يؤدي إلى إلغاء المخططات القائمة، ووضع مخططات جديدة[13].
- لا تستطيع تفسير خطة الجدولة الإجمالية، بل تعتمد على مفردات الخطة.
- يصعب قراءتها وتفسيرها على غير المختصين، وبخاصة عندما تكون معقدة.
- إن تأخير تنفيذ أي عمل على أي آلة يلغي مخططات جانت للأعمال اللاحقة على كافة الآلات اللاحقة، وكذلك الأمر بالنسبة لتبكير تنفيذ أي عمل.

المصفوفات الأساسية للخوارزميات المقترحة

تبنى الخوارزميات المقترحة لجدولة (ن) عمل على (م) آلة تتطلب مروراً متسلسلاً على الآلات على استخدام المصفوفات كقاعدة بيانات لجدولة الأعمال، وهذه المصفوفات هي التالية:

1- **مصفوفة البيانات الأولية:** تحتوي هذه المصفوفة على بيانات أولية عن الأعمال، والآلات، والأزمنة اللازمة لمعالجة كل عمل على كل آلة. وتتشكل من صفوف بعدد الآلات الموجودة في النظام –حيث أن كل آلة تحجز صف واحد- ومن أعمدة بعدد الأعمال الواجب معالجتها والتي تتطلب مروراً متسلسلاً على كافة الآلات الموجودة في النظام –حيث أن كل عمل يحجز عامود واحد- والخلايا تمثل أزمنة معالجة كل عمل على كل آلة. والشكل العام لهذه المصفوفة كما يلي:

الأعمال / الآلات	**ع1**	**ع2**	**ع3**	**.....**	**ع ن**
م1	زم$_1$ع$_1$	زم$_1$ع$_2$	زم$_1$ع$_3$	.....	زم$_1$ع$_ن$
م2	زم$_2$ع$_1$	زم$_2$ع$_2$	زم$_2$ع$_3$	.....	زم$_2$ع$_ن$
م3	زم$_3$ع$_1$	زم$_3$ع$_2$	زم$_3$ع$_3$	.....	زم$_3$ع$_ن$
.....	.....	.....	.....	.....	.....
م$_م$	زم$_م$ع$_1$	زم$_م$ع$_2$	زم$_م$ع$_3$	.....	زم$_م$ع$_ن$

حيث أن: م = آلة، ع= عمل، ز = زمن معالجة ع$_س$ على م$_س$.

2- **مصفوفة الترتيب المثالي:** تحتوي هذه المصفوفة على نفس بيانات مصفوفة البيانات الأولية، لكن مع اختلاف ترتيب البيانات في الأعمدة، حيث يتبع ترتيبها لترتيب الأعمال (الترتيب المثالي) في النظام، والذي يتم تحديده باتباع قواعد الترتيب المعروفة والمعروضة سابقاً.

الخوارزميات المقترحة

إن الخوارزميات المقترحة تبنى على المصفوفات الأساسية، وتقدم حلولاً علمية في جدولة الأعمال، وتلغي الحاجة لاستخدام مخططات جانت. وهذه الخوارزميات هي التالية:

خوارزمية كاسر رقم (1):

تبنى هذه الخوارزمية على مصفوفة البيانات الأولية، حيث يتم تحويلها إلى مصفوفة ترتيب للأعمال كخطوة أولى، ثم تحويل مصفوفة الترتيب إلى مصفوفة بدء لإنجاز الأعمال على الآلات. ولتوضيح خطوات هذه الخوارزمية نأخذ المثال التالي:

مثال رقم (3):

الجدول التالي يبين الأعمال والأزمنة اللازمة لمعالجة كل منها على الآلات الموجودة في النظام:

الزمن (بالساعة)

الأعمال	آلة (1)	آلة (2)	آلة (3)	آلة (4)	آلة (5)
أ	10	11	4	11	12
ب	6	10	3	9	10
ج	8	12	8	8	8
د	11	8	6	12	10
هـ	9	6	5	7	5

خطوات إعداد مصفوفة البدء:

أ- نضع بيانات الجدول أعلاه على شكل مصفوفة، وبحيث تخصص الصفوف للآلات والأعمدة للأعمال، ونحصل بالتالي على مصفوفة البيانات الأولية، وتأخذ هذه المصفوفة الشكل التالي:

الأعمال / الآلات	أ	ب	ج	د	هـ
م$_1$	10	6	8	11	9
م$_2$	11	10	12	8	6
م$_3$	4	3	8	6	5
م$_4$	11	9	8	12	7
م$_5$	12	10	8	10	5

ب- نقوم بتحويل مصفوفة البيانات الأولية أعلاه إلى مصفوفة ترتيب، وذلك باستخدام خوارزمية CDS. ويكون الترتيب المثالي لتسلسل مرور الأعمال حسب هذه الخوارزمية كما يلي: ب، أ، د، ج، هـ وتصبح مصفوفة الترتيب كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	6	10	11	8	9
م2	10	11	8	12	6
م3	3	4	6	8	5
م4	9	11	12	8	7
م5	10	12	10	8	5

ت- نقوم بإعداد مصفوفة البدء، وذلك بمعالجة بيانات مصفوفة الترتيب بالخطوات التالية:

-1 نبدأ بوضع أزمنة البدء لمعالجة كل عمل على الآلة الأولى، وذلك بإعطاء الزمن Φ لبدء العمل الأول على الآلة الأولى. وزمن البدء للعمل الثاني على الآلة الأولى هو زمن معالجة العمل على الآلة الأولى، وأزمنة بدء أي عمل لاحق على الآلة الأولى يكون عبارة عن زمن بدء العمل السابق مضافاً إليه زمن معالجة ذلك العمل، ونوضح ذلك بالمعادلة التالية:

ز ب م$_1$ع$_1$ = Φ

ز ب م$_1$ع$_2$ = Φ + زم$_1$ع$_1$

ز ب م$_1$ع$_3$ = Φ + زم$_1$ع$_1$ + زم$_1$ع$_2$

....

ز ب م$_1$ع$_ن$ = Φ + زم$_1$ع$_1$+ زم$_1$ع$_2$+ .... + زم$_1$ع$_{ن-1}$

حيث أن:

ز ب م$_1$ع$_س$ = زمن بدء معالجة العمل (س) على الآلة الأولى، وتكون النتيجة تطبيق هذه الخطوة كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	$\varnothing$ ←	$\varnothing$+6=6 ←	16=10+6 ←	27=11+16 ←	35=8+27 ←

-2 نضع أزمنة بدء معالجة العمل الأول على كل من الآلات الباقية وذلك بإضافة زمن المعالجة على الآلة السابقة إلى زمن بدء المعالجة لها فنحصل على زمن بدء المعالجة على الآلة المطلوبة. ويمكن تطبيق نفس آلية المعادلة السابقة مع ملاحظة الاختلاف في أرقام الخلايا، وذلك كما يلي:

ز ب م$_{2}$ع$_{1}$ = $\varnothing$ + زم$_{1}$ع$_{1}$

ز ب م$_{3}$ع$_{1}$ = $\varnothing$ + زم$_{1}$ع$_{1}$ + زم$_{2}$ع$_{1}$

....

ز ب م$_{م}$ع$_{1}$ = $\varnothing$ + زم$_{1}$ع$_{1}$ + زم$_{2}$ع$_{1}$ + زم$_{3}$ع$_{1}$ + ... + زم$_{م-1}$ع$_{1}$

وتكون نتيجة تطبيق هذه الخطوة كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	جـ	هـ
م$_{1}$	$\varnothing$	6	16	27	35
م$_{2}$	6 =6+0				
م$_{3}$	16 =10+6				
م$_{4}$	19 =3+16				
م$_{5}$	28 =9+19				

3- نكمل خلايا المصفوفة باتباع الخطوات التالية:

أ) نضيف زمن المعالجة للعمل الأول على الآلة الثانية إلى زمن البدء للعمل الأول على الآلة الثانية أو زمن البدء للعمل الثاني على الآلة أيهما أكبر. وهكذا دواليك حتى آخر خلية في الصف الثاني.

ب) نضيف زمن المعالجة للعمل الأولى على الآلة الثالثة إلى زمن البدء للعمل الأول على الآلة الثالثة أو زمن البدء للعمل الثاني على الآلة الثانية أيهما أكبر. وهكذا دواليك حتى آخر خلية في الصف الثالث.

ت) يتم ملئ خلايا باقي الصفوف باتباع نفس القاعدة حتى نحصل على مصفوفة البدء لمعالجة الأعمال على الآلات.

وتكون نتيجة هذه الخطوات الثلاث كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	∅	6	16	27	35
م2	6	6=10+6	27=16+11	35=8+27	47=12+35
م3	16	19=3+16	31=4+27	41=6+55	55=8+47
م4	19	28=9+19	42=11+31	54=12+42	63=8+55
م5	28	38=10+28	54=12+42	64=10+54	72=8+64

وبالتالي فإن مصفوفة البدء تكون كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	0	6	16	27	35
م2	6	16	27	35	47
م3	16	19	31	41	55
م4	19	28	42	54	63
م5	28	38	54	64	72

أهمية مصفوفة البدء:

إن إعداد مصفوفة البدء لإنجاز (ن) عمل على (م) آلة الموجودة في النظام يحقق الكثير من الفوائد، مثل:

1- جدولة أزمنة البدء لكل عمل على كل آلة، ويمكن ترجمة هذه الجدولة بسهولة على أجندة إدارة الإنتاج والعمليات في المنظمة.

2- تحديد الزمن النهائي لإنجاز كافة الأعمال على كل الآلات الموجودة في النظام، وذلك بإضافة زمن المعالجة في الخلية م$_{ن}$ ع$_{ن}$ إلى زمن بدء العمل الأخير على الآلة الأخيرة، وهي الخلية م$_{م}$ ع$_{ن}$. وفي مثالنا السابق رقم (3) فإن زمن المعالجة م$_{م}$ ع$_{ن}$= 5 ساعات وزمن البدء في هذه الخلية هو 72 ساعة. وبالتالي فإن الزمن النهائي الإجمالي لمعالجة (ن) عمل على (م) آلة في مثالنا هي 72+5=77 ساعة.

3- تفيد في أعمال الرقابة على إنجاز الأعمال، وذلك من خلال ما يلي:

أ- أي عمل يبدأ بعد تاريخ البدء يكون متأخر، ويتطلب تدخل الإدارة لتسريع إنجاز الأعمال على الآلات اللاحقة.

ب- أي عمل يبدأ قبل تاريخ البدء يكون مبكر، ولا يتطلب تدخل الإدارة.

ج- اختبار مثولية الحلول التي تقدمها خوارزمية CDS دون الحاجة لاستخدام مخططات جانت، وسوف نوضح ذلك لاحقاً.

خوارزمية كاسر رقم (2):

تبنى هذه الخوارزمية على تحويل مصفوفة الترتيب إلى مصفوفة إنهاء لإنجاز الأعمال على الآلات. ولتوضيح خطوات هذه الخوارزمية نعود لمثالنا السابق، ونأخذ مصفوفة الترتيب. ونقوم بالخطوات التالية:

1- نبدأ بوضع أزمنة إنهاء معالجة الأعمال على الآلة الأولى، وذلك بإعطاء زمن معالجة العمل الأول على الآلة الأولى كزمن إنهاء، ونضعه في الخلية م$_{1}$ع$_{1}$، نضيف زمن معالجة العمل الثاني على الآلة الأولى إلى زمن إنهاء الخلية م$_{1}$ع$_{1}$، فنحصل على زمن إنهاء العمل الثاني على الآلة الأولى، وهكذا دواليك، وحتى نهاية الصف الأول، وحسب المعادلة التالية:

زن م$_{1}$ع$_{1}$ = زم$_{1}$ع$_{1}$

زن م$_{1}$ع$_{2}$ = زم$_{1}$ع$_{1}$ + زم$_{1}$ع$_{2}$

زن م$_{1}$ع$_{3}$ = زم$_{1}$ع$_{1}$ + زم$_{1}$ع$_{2}$ + زم$_{1}$ع$_{3}$

....

زن م$_{1}$ع$_{ن}$ = زم$_{1}$ع$_{1}$ + زم$_{1}$ع$_{2}$ + زم$_{1}$ع$_{3}$ + ... + زم$_{1}$ع$_{ن}$

حيث أن زن م$_{1}$ع$_{س}$ = زمن إنهاء العمل ع$_{س}$ على الآلة الأولى.

وتكون نتيجة هذه الخطوة كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	6	16=10+6	27=11+16	35=8+27	44=9+35

2- نضع أزمنة إنهاء معالجة العمل الأول على باقي الآلات، وذلك بإضافة زمن معالجته على الآلة الثانية إلى زمن إنهائه على الآلة الأولى، فنحصل على زمن إنهاء المعالجة للعمل الأول على الآلة الثانية، وهكذا بالنسبة للآلات الباقية. ويمكن تطبيق نفس آلية المعادلة السابقة مع اختلاف أرقام الخلايا، وذلك كما يلي:

زن م$_{2}$ ع$_{1}$ = زم$_{1}$ ع$_{1}$ + زم$_{2}$ ع$_{1}$

زن م$_{3}$ ع$_{1}$ = زم$_{1}$ ع$_{1}$ + زم$_{2}$ ع$_{1}$ + زم$_{3}$ ع$_{1}$

زن م$_{1}$ع$_{1}$ = زم$_{1}$ع$_{1}$ + زم$_{2}$ع$_{1}$ + ... + زم$_{م}$ع$_{1}$

وتكون نتيجة هذه الخطوة كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	6	16	27	35	44
م2	16=10+6				
م3	19=3+16				
م4	28=9+19				
م5	38=10+28				

3- نكمل خلايا المصفوفة باتباع الخطوات التالية:

أ- نضيف زمن معالجة العمل الثاني على الآلة إلى زمن إنهاء العمل الأول على الآلة الثانية، أو إلى زمن إنهاء العمل الثاني على الآلة الأولى أيهما أكبر. وهكذا دواليك حتى آخر خلية في الصف الثاني.

ب- نضيف زمن معالجة العمل الثاني على الآلة الثالثة إلى زمن إنهاء العمل الأول على الآلة الثالثة، أو إلى زمن إنهاء العمل الثاني على الآلة الثانية أيهما أكبر. وهكذا دواليك حتى آخر خلية في الصف الثالث.

ت- نقوم بملئ باقي خلايا المصفوفة حسب نفس القاعدة فنحصل على مصفوفة الإنهاء لإنجاز الأعمال على الآلات.

وتكون نتيجة هذه الخطوات الثلاثة بالإضافة إلى ما سبق كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	6	16	27	35	44
م2	16	27=11+6	35=8+27	47=12+35	53=6+47
م3	19	31=4+27	41=6+35	55=8+47	60=5+55
م4	28	42=11+31	54=12+42	63=8+55	70=7+63
م5	28	54=12+42	64=10+54	72=8+64	77=5+72

وبالتالي فإن مصفوفة الإنهاء تكون كما يلي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	6	16	27	35	44
م2	16	27	35	47	53
م3	19	31	41	55	60
م4	28	42	54	63	70
م5	38	54	64	72	77

ملاحظة: منطقياً يمكن إعداد مصفوفة الإنهاء باستخدام مصفوفة البدء، وذلك بإضافة أزمنة المعالجة إلى أزمنة بدء كل عمل على كل آلة، فنحصل على مصفوفة الإنهاء. علماً أن زمن بدء العمل الثاني يساوي زمن إنهاء العمل الأول، وزمن بدء العمل الثالث يساوي زمن إنهاء العمل الثاني...، وزمن بدء العمل الأخير + زمن معالجته يساوي زمن إنهائه.

أهمية مصفوفة الإنهاء:

إن إعداد مصفوفة الإنهاء لإنجاز (ن) عمل على (م) آلة الموجودة في النظام يحقق الكثير من الفوائد، مثل:

1- جدولة ازمنة الإنهاء لكل عمل على كل آلة، ويمكن ترجمة هذه الجدولة بسهولة على أجندة إدارة الإنتاج والعمليات.

2- تحدد الزمن النهائي لإنجاز كافة الأعمال على كل الآلات الموجودة في النظام وذلك بالاستناد إلى زمن إنهاء آخر عمل على آخر آلة، أي زمن الإنهاء في الخلية $م_م ع_ن$. وفي مثالنا السابق رقم (3) فإن زمن إنهاء الخلية $م_م ع_ن$ = 77 ساعة. وهذا الزمن هو الزمن الإجمالي لإنهاء كافة الأعمال على كل الآلات الموجودة في النظام.

3- تفيد في أعمال الرقابة على إنجاز الأعمال، وذلك من خلال ما يلي:

أ- أي عمل لم ينتهي قبل تاريخ الإنهاء على الآلة يكون متأخر، ويتطلب تدخل الإدارة لتسريع إنجاز الأعمال على الآلات المتبقية.

ب- أي عمل ينتهي قبل تاريخ الإنهاء يكون مبكر، ولا يتطلب تدخل الإدارة.

4- اختبار مثولية الحلول التي تقدمها خوارزمية CDS دون الحاجة لاستخدام مخططات جانت، وسوف نوضح ذلك لاحقاً.

خوارزمية كاسر رقم (3):

تهدف هذه الخوارزمية إلى إعداد مصفوفة الأزمنة العاطلة للآلات، وذلك بتحويل مصفوفة البدء أو مصفوفة الإنهاء إلى مصفوفة أزمنة عاطلة. وفيما يلي نعرض هذه الخوارزمية في كلا الحالتين:

حالة (1) إعداد مصفوفة الأزمنة العاطلة باستخدام مصفوفة البدء:

يتم إعداد مصفوفة الأزمنة العاطلة بإتباع الخطوات التالية:

1- يفترض أن الصف الأول الذي يمثل أزمنة معالجة الأعمال على الآلة الأولى أن يكون بدون أزمنة عاطلة إلا في حالة تعطل إحدى الآلات، الأمر الذي يؤدي إلى توقف العمل على الآلات اللاحقة بانتظار قدوم العمل على الآلة السابقة المعطلة، وبالتالي فإن الشكل العام لهذا الصف هو التالي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م$_{1}$	$\varnothing$	$\varnothing$	$\varnothing$	$\varnothing$	$\varnothing$

2- يفترض في العامود الأول الذي يمثل أزمنة معالجة العمل على الآلات المختلفة أن تكون الأزمنة العاطلة فيه- شريطة أن لا تكون الآلات محجوز لأعمال سابقة- حسب المعادلة التالية:

زط م$_{2}$ع$_{1}$ = $\varnothing$ + زم$_{2}$ع$_{1}$

زط م$_{3}$ع$_{1}$ = $\varnothing$ + زم$_{2}$ع$_{1}$ + زم$_{3}$ع$_{1}$

....

زط م$_{3}$ع$_{1}$ = $\varnothing$ + زم$_{2}$ع$_{1}$ + زم$_{3}$ع$_{1}$ + ... + زم$_{م}$ع$_{1}$

حيث أن:

زط م$_{س}$ ع$_{س}$ = الزمن العاطل على الآلة م$_{س}$ ع$_{س}$

أو يفترض أن تكون الأزمنة العاطلة في العامود الأول مساوية لقيم العامود الأول في مصفوفة البدء، وبالتالي فإن هذا العامود وفيما يتعلق بمثالنا السابق يكون كما يأتي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	∅	∅	∅	∅	∅
م2	6				
م3	16				
م4	19				
م5	28				

3- نكمل باقي خلايا المصفوفة من خلال المقارنة بين خليتين رأسيتين في صفين متتاليين، ووضع الفرق في خلية الصف اللاحق موضوع المقارنة، مثلاً: م$_2$ع$_2$ تقارن مع م$_1$ ع$_3$ ويوضع الفرق في الخلية م$_2$ع$_2$. وهكذا تجري المقارنة لكافة الخلايا. وبتطبيق هذه القاعدة على مصفوفة البدء في مثالنا السابق نحصل على ما يلي:

مقارنة الصف الأول مع الصف الثاني:

م$_1$	6	16	27	35	∅
م$_2$	0	16	27	35	47
خلايا الصف الثاني	6	∅	∅	∅	∅

مقارنة الصف الثاني مع الصف الثالث:

م$_2$	16	27	35	47	∅
م$_3$	16	19	31	41	55
خلايا الصف الثالث	∅	8	4	6	∅

مقارنة الصف الثالث مع الصف الرابع:

م$_3$	19	31	41	55	∅
م$_4$	19	28	42	54	63
خلايا الصف الرابع	∅	3	∅	1	∅

مقارنة الصف الرابع مع الصف الخامس:

م$_4$	28	42	54	63	∅
م$_5$	28	38	54	64	72
خلايا الصف الخامس	∅	4	∅	∅	∅

نلاحظ أن هذه الخطوة قدمت الحل كاملاً، ويمكن إلغاء الخطوتين الأولى والثانية وصولاً إلى مصفوفة الأزمنة العاطلة. ونتيجة هذه الخطوة نحصل على مصفوفة الأزمنة العاطلة التي تأخذ الشكل التالي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م1	∅	∅	∅	∅	∅
م2	6	∅	∅	∅	∅
م3	16	8	4	6	∅
م4	19	3	∅	1	∅
م5	28	4	∅	∅	∅

حالة (2) إعداد مصفوفة الأزمنة العاطلة باستخدام مصفوفة الإنهاء:

يتم إعداد مصفوفة الأزمنة العاطلة باتباع الخطوات التالية:

1- يفترض أن الصف الأول والذي يمثل أزمنة معالجة الأعمال على الآلة الأولى يكون بدون أزمنة عاطلة إلا في حالة تعطل إحدى الآلات، وبالتالي فإن الشكل العام لهذا الصف هو التالي:

الأعمال / الآلات	ب	أ	د	ج	هـ
م$_1$	∅	∅	∅	∅	∅

2- يتم ملئ باقي خلايا المصفوفة من خلال مقارنة كل خليتين رئيستين في صفين متتالين، وذلك كما يلي:

مقارنة الصف الأول مع الصف الثاني:

م$_1$	6	16	27	35	∅
م$_2$	∅	16	27	35	47
خلايا الصف الثاني	6	∅	∅	∅	∅

مقارنة الصف الثاني مع الثالث:

م2	16	27	35	47	53	∅
م3	∅	19	31	41	55	60
خلايا الصف الثالث	16	8	4	6	∅	∅

مقارنة الصف الثالث مع الصف الرابع:

م3	19	31	41	55	60	∅
م4	∅	38	42	54	63	70
خلايا الصف الرابع	19	3	∅	∅	∅	∅

مقارنة الصف الرابع مع الصف الخامس:

م4	28	42	54	63	70	∅
م5	∅	38	54	64	72	77
خلايا الصف الخامس	28	4	∅	∅	∅	∅

وبالتالي نحصل على نفس مصفوفة الأزمنة العاطلة التي حصلنا عليها باستخدام مصفوفة البدء.

أهمية مصفوفة الأزمنة العاطلة

إن إعداد مصفوفة الأزمة العاطلة لإنجاز (ن) عمل على (م) آلة الموجودة في النظام يحقق الكثير من الفوائد، مثل:

1- جدولة استراحات العاملين طبقاً للأزمنة العاطلة دون أن يؤثر ذلك على استمرار تدفق العمليات حسب الخطة، حيث يتم تحديد الاستراحات والإجازة خلال الزمن العاطل.

2- جدولة عمليات الصيانة للآلات طبقاً للأزمنة العاطلة دون أن يؤثر ذلك على استمرار تدفق العمليات المخططة، حيث الصيانة تتم خلال الأزمنة العاطلة.

3- إعادة تحميل الآلات والعاملين بعبء العمل، بحيث يتحقق التوازن في استغلال الطاقة والعدالة في تشغيل القوى العاملة.

تطبيقات الخوارزميات المقترحة

بالإضافة إلى الفوائد التي تحققها الخوارزميات المقترحة، وكل من مصفوفة البدء، ومصفوفة الإنهاء، ومصفوفة الأزمنة العاطلة على صعيد جدولة الأعمال، نشير إلى أنه يمكن تطبيق هذه الخوارزميات ومصفوفاتها بفاعلية كبيرة في اختبار

مثولية الحلول التي تقدمها القواعد السابقة –قاعدة جونسون وخوارزمية CDS- وتقديم حلول سريعة. ونوضح ذلك من خلال معالجة بيانات المثال رقم (3) السابق بتطبيق خوارزمية CDS. للبحث عن الحل الأمثل وجدولة الأعمال المطلوبة. إن عدد الحلول المختبرة حسب خوارزمية CDS. وفي مثالنا رقم (3) هي (4) حلول، وتحسب على الشكل التالي: م-1= 5-1 = 4 حلول.

حيث أن:

م = عدد الآلات الموجودة في النظام.

إن عملية الوصول إلى هذه الحلول الأربعة تتطلب إجراءات مطولة جداً وجهوداً كثيرة، وخلاصة تطبيق إجراءات خوارزمية CDS الحلول التالية:

الحل الأول يكون الترتيب فيه كما يلي: ب، ج، أ، د، هـ

الحل الثاني يكون الترتيب فيه كما يلي: ب، د، أ، ج، هـ

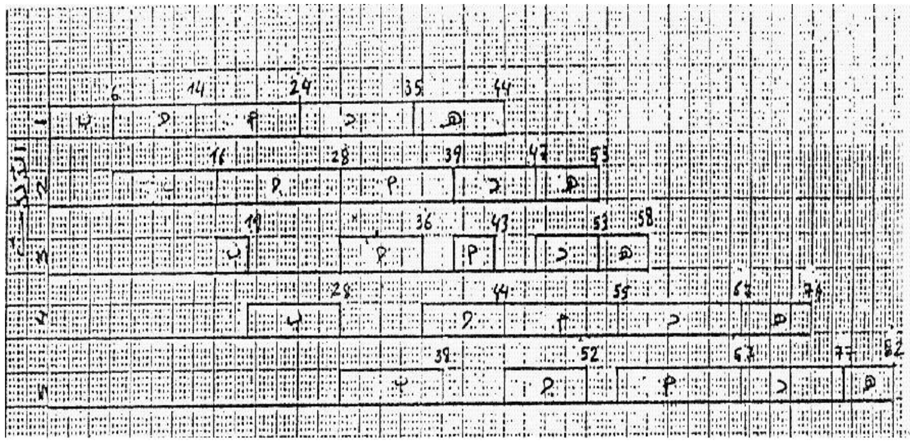
الحل الثالث يكون الترتيب فيه كما يلي: ب، أ، د، ج، هـ

الحل الرابع يكون الترتيب فيه كما يلي: ب، أ، ج، د، هـ

كما أن اختيار الحل الأمثل يتطلب اختبار مثولية الحلول الأربعة باستخدام مخططات جانت، حيث تبيّن هذه المخططات الزمن الإجمالي لإنجاز جميع الأعمال على الآلات الموجودة في النظام الذي يقدمه كل حل. وبالمقارنة بين تلك الأزمنة يتم اختيار الحل الذي يتطلب أقل زمن إنجاز لكافة الأعمال على الآلات الموجودة في النظام، وهذه الحلول تعرضها الأشكال (3، 4، 5، 6).

الحل الأول:

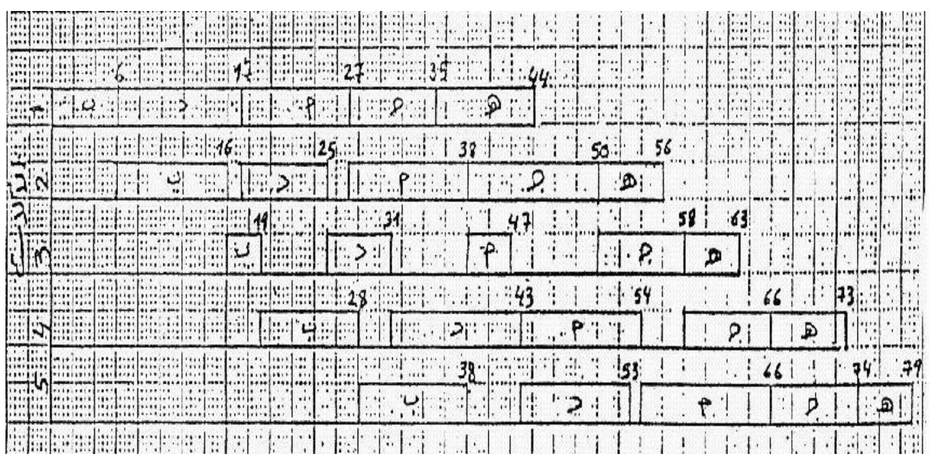
ترتيب الأعمال على التسلسل ب، ج، أ، د، هـ والزمن الإجمالي لمعالجتها (82) ساعة.



شكل رقم (3)

الحل الثاني:

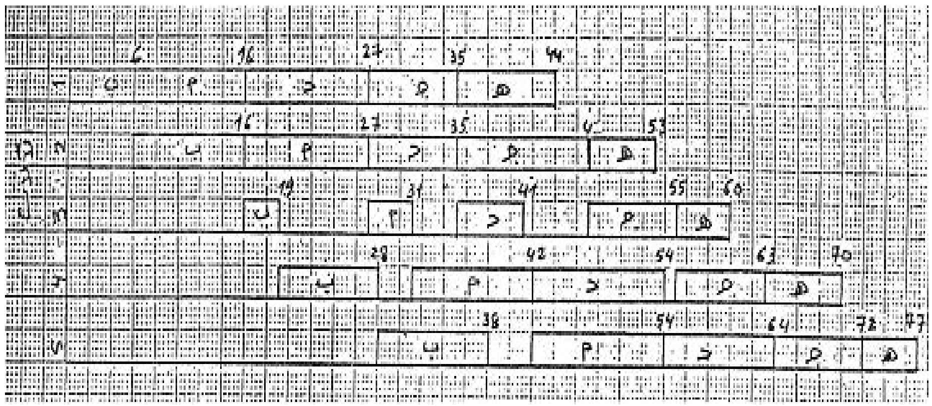
ترتيب الأعمال على التسلسل ب، د، أ، ج، هـ والزمن الإجمالي لمعالجتها (79) ساعة شكل (4).



شكل رقم (4)

الحل الثالث:

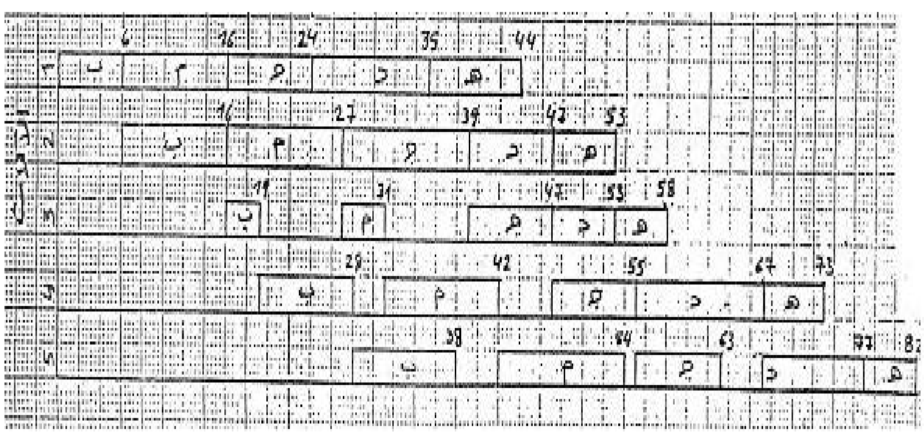
ترتيب الأعمال على التسلسل ب، أ، د، ج، هـ والزمن الإجمالي لمعالجتها (77) ساعة شكل (5).



شكل رقم (5)

الحل الرابع:

ترتيب الأعمال على التسلسل ب، أ، ج، د، هـ والزمن الإجمالي لمعالجتها (82) ساعة شكل (6).



شكل رقم (6)

من خلال مقارنة مخططات جانت للحلول الأربعة وكما تُظهر ذلك الأشكال (3، 4، 5، 6) نجد أن أقل زمن إنجاز هو (77) ساعة والناتج عن الحل الثالث، حيث الترتيب للأعمال على التسلسل (ب، أ، د، ج، هـ)، بينما زمن الإنجاز في الحل الأول هو (82) ساعة، وفي الحل الثاني (79) ساعة، وفي الحل الرابع (82) ساعة. وبالتالي يكون الحل الثالث هو الأمثل أو القريب من الأمثل مقياسة بالحلول المطروحة.

كما هو ملاحظ فأن الوصول إلى الحل الأمثل تطلب إعداد مخططات جانت أربع مرات، والمطلوب هو مخطط واحد يقدم الجدولة وهو مخطط الحل الثالث. والمخططات الثلاثة الأخرى هي لاختبار ميثولية الحلول الباقية. إن هذا العمل صعب وشاق، ويتطلب جهوداً كبيرة، ويمكن استبداله بسهولة بإعداد مصفوفات البدء للحلول الأربعة أو مصفوفات الإنهاء للحلول الأربعة، واختيار الحل الأمثل. وهذا يتطلب عمليات حسابية بسيطة دون جهد أو تعقيدات مطولة كما هو الحال في مخططات جانت. وسوف نوضح ذلك باختبار مثولية الحل من خلال المصفوفات، كما يلي:

اختبار مثولية الحلول باستخدام مصفوفات البدء:

إن الإجراء الرئيس لاختبار مثولية الحل باستخدام مصفوفات البدء هو إضافة زمن معالجة آخر عمل على آخر آلة إلى زمن بدء آخر عمل على آلة، وكما يلي:

مصفوفة البدء في الحل الأول: الزمن الإجمالي 77+ 5= 82 ساعة.

الأعمال / الآلات	ب	جـ	أ	د	هـ
م1	∅	6	14	24	35
م2	6	16	28	39	47

م3	16	19	36	43	53
م4	19	28	44	55	67
م5	28	38	52	67	82=5+77

مصفوفة البدء في الحل الثاني، الزمن الإجمالي 74+5=79 ساعة.

الأعمال / الآلات	ب	د	أ	ج	هـ
م1	∅	6	17	27	35
م2	6	16	25	38	50
م3	16	19	31	42	58
م4	19	28	43	54	62
م5	28	38	53	66	79=5+74

مصفوفة البدء في الحل الثالث: الزمن الإجمالي: 72+5=77 ساعة انظر مصفوفة البدء.

مصفوفة البدء في الحل الرابع: الزمن الإجمالي: 77+5=82 ساعة.

الأعمال / الآلات	ب	أ	ج	د	هـ
م1	∅	6	16	24	35
م2	6	16	27	39	47
م3	16	19	31	47	53
م4	19	28	42	55	67
م5	28	38	52	67	82=5+77

إن المقارنة بين الأزمنة الإجمالية للإنجاز تظهر أن زمن الحل الثالث هو الأقل (77) ساعة، وهذا ما أوضحته مخططات جانت أيضاً. أي أن مصفوفات

البدء تقدم نفس نتائج مخططات جانت في اختبار مثولية الحل وبإجراءات مبسطة وسهلة، وجهد أقل.

اختبار مثولية الحلول باستخدام مصفوفات الإنهاء كما يلي:

مصفوفة الإنهاء في الحل الأول: الزمن الإجمالي (82) ساعة.

الأعمال / الآلات	ب	ج	أ	د	هـ
م$_1$	6	14	24	35	44
م$_2$	16	28	39	47	53
م$_3$	19	36	43	53	58
م$_4$	28	44	55	67	74
م$_5$	38	52	67	77	"82"

مصفوفة الإنهاء في الحل الثاني: الزمن الإجمالي (79) ساعة.

الأعمال / الآلات	ب	د	أ	ج	هـ
م$_1$	6	17	27	35	44
م$_2$	16	25	38	50	56
م$_3$	19	31	42	58	63
م$_4$	28	43	45	66	73
م$_5$	38	53	66	74	"79"

مصفوفة الإنهاء في الحل الثالث: الزمن الإجمالي (77) انظر مصفوفة الإنهاء.

مصفوفة الإنهاء في الحل الرابع: الزمن الإجمالي (82) ساعة.

الأعمال / الآلات	ب	أ	ج	د	هـ
م$_1$	6	16	24	35	44
م$_2$	16	27	39	47	53
م$_3$	19	31	47	53	58
م$_4$	28	42	55	67	73
م$_5$	38	54	63	77	"82"

إن نتائج المقارنة بين الأزمنة الإجمالية للإنجاز التي تظهرها مصفوفات الإنهاء للحلول الأربعة تبين أن الحل الأمثل هو الحل الثالث، حيث زمن الإنجاز أقل ما يمكن (77) ساعة. وهو نفس الحل الذي تقدمه مصفوفات البدء، وكذلك مخططات جانت.

الفصل الثاني عشر

التخطيـــط الإجمالـــي

العناوين الرئيسة:

1- **مفهوم التخطيط الإجمالي**

2- **الأهمية الإدارية للخطط الإجمالية**

2-1 المدخلات الإدارية

2-2 الأهداف النموذجية

2-3 استراتيجيات التخطيط

3- **عملية التخطيط**

4- **طرائق التخطيط**

4-1 الطريقة البيانية

4-2 الطريقة التجريبية

4-3 طرقة جدولة تخطيط الإنتاج

5- **التخطيط الإجمالي في الخدمات**

الأهداف:

يهدف هذا الفصل إلى:

1- توضيح مفهوم التخطيط الإجمالي، وبيان أهميته في إدارة العمليات الإنتاجية للمنظمة، وكذلك علاقة التخطيط الإجمالي مع الأنشطة الإدارية.
2- شرح الأهداف التي تسعى الإدارة لتحقيقها باستخدام التخطيط الإجمالي.
3- عرض وشرح أهمية استراتيجيات التخطيط الإجمالي والبدائل المتاحة مع إدارة العمليات.
4- شرح أهم طرائق التخطيط الإجمالي وحالات استخدام كل منها.
5- إيضاح عملية التخطيط الإجمالي في الخدمات، مع بيان أهميتها في المنظمة.

الفصل الثاني عشر
التخطيط الإجمالي

1- مفهوم التخطيط الإجمالي

التخطيط الإجمالي أسلوب إداري علمي، يهدف إلى وضع استراتيجية تبين معدلات الإنتاج في المنظمة، ومستويات العمالة مقرونة بالعمل المطلوب، ومعدلات التخزين وكميات المخرون بناءاً على تقدير احتياجات الزبائن، وحدود الطاقة الإنتاجية Capacity Limitation، حيث أن التخطيط الإجمالي يقوم على تقدير احتياجات الزبائن Customer requirements والطاقة الإنتاجية المتوفرة Capacity Limitation.

تبرز أهمية التخطيط الإجمالي من خلال تحقيق ما يلي:

1- يركز على العمل بشكل عام، وضمن إطار مشترك لجميع المنتجات والخطوط.

2- يتوافق مع استراتيجيات الشركة والأهداف التي تطمح للوصول لها.

3- لا يدخل في التفاصيل التي قد تعيق عملية التخطيط وتجعلها معقدة وصعبة المتابعة.

4- يمكن عمل التجميع أو الإجمال للمنتجات، للخدمات المقدمة، للمجهود المطلوب أو العمالة، ولساعات العمل اللازمة.

5- إن التخطيط الإجمالي له نفس الأهمية سواء في المنظمات الصناعية حيث ينتج عنه خطة الإنتاج production plan،ويتم التركيز على معدلات الإنتاج وكميات المخزون المطلوبة، أو في المنظمات الخدمية حيث ينتج عنه خطة التوظيف Staffing plan، م التركيز فيه على العمالة الموجودة

واحتياجات الشركة من العمالة والمهارات والممارسات المختلفة وكيفية توزيعها.

6- كما أن أهمية التخطيط الإجمالي تظر من خلال علاقة الخطة الإجمالية مع الخطط الإدارية الأخرى.

7- الخطة الإدارية السنوية توضع من الإدارة العليا وتحدد من خلالها الميزانية السنوية والأهداف الاستراتيجية للشركة حيث تستمد منها الخطة الإجمالية والتفصيلية حاجاتها.

8- الخطة الإجمالية كما سبق وأوضحنا تحدد عائلات المنتجات المختلفة، ومعدلات الإنتاج، ومستويات التخزين الممكنة ومستويات العمالة المطلوبة.

9- جدولة الإنتاج الرئيسية Master Production Schedule وهي تحدد مواعيد وكميات الإنتاج لكل منتج ضمن العائلة.

وبهذا فإن الخطة الإجمالية (التجمعية) تعمل كحلقة وصل وترجمة للاستراتيجيات المحددة في الخطة الإدارية للعمل طويلة الأمد إلى خطة العمل الفعلية للإنتاج. وهي المرحلة الأساسية لبدء العمل.

وترتبط مباشرة بجدولة الإنتاج الرئيسة MPS، وتخطيط متطلبات إعداد MRP.

2- الأهمية الإدارية للخطط الإجمالية

Managerial importance of Aggregate plans

تركز العملية الإدارية على كل من المدخلات الإدارية، والأهداف والبدائل الإدارية، وكذلك الاستراتيجيات الإدارية التي تقوم عليها الخطط الإجمالية.

2-1- المدخلات الإدارية Managerial Inputs

2-2- الأهداف النموذجية Typical Objectives

أكثر الوظائف في المنظمة التي تقدم مدخلات الخطة الإجمالية لها أهداف متناقضة فيما بينها حول استخدام موارد المنظمة. وعملياً يوجد ستة أهداف دائمة لتطوير خطة الإنتاج أو التوظيف وهي التالية:

1- تقليل التكلفة/ تعظيم الربح Minimize costs/maximize profits.

2- تعظيم خدمة الزبون Maximize customer Service.

3- تقليل الاستثمار في المخزون Minimize inventory investment.

4- تقليل التغير في معدلات الإنتاج Minimize changes in production rates.

5- تقليل التغير في مستويات العمالة Minimize changes in work- force levels.

6- تعظيم استغلال التجهيزات والمصنع Maximize ulilization of plant and equipment.

إن وزن كل من هذه الأهداف يعطي من خلال علاقته بكل من التكلفة والربح والعناصر غير الكمية. ولهذا فإن هناك تعارض بين تلك الأهداف. مثلاً: تعظيم خدمة المستهلك مع ثبات فترة التوريد يمكن أن يتم بزيادة مخزون السلع الجاهزة في خطة الإنتاج وليس بتقليله. ومثلاً: خطة التوظيف التي تؤدي إلى تقليل التكاليف لا تؤدي إلى تخفيض التغيرات في مستويات العمالة، ولا تعظم خدمة المستهلك.

إن تحقيق الموازنة بين تلك الأهداف المتناقضة للوصول إلى خطة إجمالية يتطلب الأخذ بالحسبان للبدائل المتعددة Various alternatives، وهذه البدائل هي التالية:

البدائل المؤثرة Reactive Altrnatives:

تفيد هذه البدائل في زيادة إمكانية التّغير للوصول إلى تحقيق مستوى خدمة عال لطلبات الزبائن، ومن هذه البدائل ما يلي:

- تعديل العمالة في المنظمة Work-force Adjustment من خلال استخدام سياسة التعيين والفصل. ويتم اللجوء إلى هذا البديل في الشركات كثفية "العمل، علماً أن لهذا البديل قيود مثل ندرة مهارات العاملين أو التزام الشركة سياسة استقرار القوى العاملة. أو مقاومة النقابات ومعارضة القوانين لتسريح العاملين.
- استخدام الدوام الإضافي أو الإجازات الإجبارية Overtime undertime، ويتم استخدام الدوام الإضافي أثناء فترة الرواج لكن النقابات تعارضه إذا استمر لفترة طويلة. أما بديل الإجازات الإجيادية أو الوقت الجزئي (أسبوع العمل بين 15-25 ساعة) يكون جذاباً في فترات الركود وانخفاض الطلب، رغم أنه من الصعب تطبيق هذا البديل بسبب النقابات والقوانين المعمول بها.
- جدولة العطل Vacation Schedules.
- استخدام المخزون الاحتياطي Anticipation Inventory في أوقات قلة الطلب.
- توكيل جزء من العمل لأحد العملاء.
- تسجيل طلبات الزبائن وتلبيتها في أوقات لاحقة.

البدائل الهجومية Aggressive Alternatives

تفيد هذه البدائل في تعديل طبيعة الطلب على كل من المواد والموارد المختلفة التي تحتاجها المنظمة، ومن هذه البدائل ما يلي:

- إنتاج منتجات متكاملة Complementary products، حيث يكون الطلب منتظم في مثل أوقات السنة مثلاً. إنتاج المدافئ في الشتاء ويقابله إنتاج المكيفات في الصيف.
- التسعير المحفز Creative pricing، من الضروري. اتباع سياسة الأسعار التحفيزية، وكذلك استخدام وسائل الإعلان الحديثة.

من الضروري دمج البدائل المؤثرة والبدائل الهجومية للوصول إلى أفضل خطة إجمالية تستطيع المنظمة تحقيقها بكفاية عالية.

2-3- استراتيجيات التخطيط Planning Strategies

عادة يقوم المدراء بدمج كل من البدائل الهجومية والبدائل المؤثرة بهدف الوصول إلى خطة إجمالية مقبولة، وذلك من خلال اتباع طرائق عديدة، وهذه الطرائق هي التالية:

2-3-1 الاستراتيجية المتتبعة Chase Strategy

حيث نقوم بتعديل الناتج (الإنتاج) ليتوافق مع كمية الطلب بدون استخدام فكرة التخزين المسبق، أو تقليل ساعات الدوام ويتم ذلك من خلال:

أ- تعيين وطرد العمالة. وهذه الاستراتيجية لا يمكن تطبيقها في الحالات التي نحتاج فيها إلى مهارة العامل أو تدريبه، لأنها تؤدي إلى خسارته مع الطرد.

ب- استخدام الدوام الإضافي أو إيكال جزء من العمل لأحد العملاء للشركة أو لطرف خارجي.

فوائد وسلبيات الاستراتيجية المتبعة:

1- مستويات مخزون أقل وطلبات الزبائن المؤجلة أقل.

2- تكلفة تغيير معدلات الإنتاج، وتكرار عمليات التعيين وما تحتاجه من إعلان وتدريب.

3- خسارة القدرة الإنتاجية والجودة في الإنتاج بسبب تغيير العمالة المستمر.

2-3-2 الاستراتيجية الموازنة (المسوّية) Level Strategy

نقوم بالمحافظة على مستوى معدل إنتاج ثابت باستخدام فكرتي المخزون المساند وتقليل ساعات الدوام. ويمكن المحافظة على مستوى إنتاج بالمحافظة على طاقم العمل ومحاولة التخزين في فترات قلة الطلب، واستخدام فكرة الدوام الإضافي، التعيين، وحتى إيكال جزء من العمل لأحد الشركات الأخرى في أوقات الضغط.

فوائد وسلبيات الاستراتيجية الموازنة (المسوّية)

1- المحافظة على مستوى إنتاج ثابت وعمالة، بما في ذلك من بقاء الكفاءة والخبرة وتقليل تكاليف الفصل.

2- ارتفاع نسبة المخزون والدوام الإضافي.

وهناك بعض الشركات التي تقوم بدمج الاستراتيجيتين معاً للوصول إلى نتائج أفضل.

3- عملية التخطيط The planning process

إن عملية إعداد الخطط الإجمالية عملية ديناميةعملية ومستمرة وتتكون من:

1- تحديد متطلبات الطلب Determining Demand Requirement: وهي المرحلة الأولى في عملية التخطيط، ويتم فيها تحديد كل مرحلة من فترة التخطيط بهدف استخدام أكثر من طريقة ممكنة للوصول إلى الخطة الإجمالية.
2- تحديد البدائل، القيود والتكاليف Identifying Alternatives, Constraints, and costs: وهي المرحلة الثانية، وتشمل تحديد البدائل والقيود والتكاليف لكل خطة.
3- تحفيز الخطة المقبولة Preparing an Acceptable plan :وذلك لكل فترة زمنية، وهذه المرحلة هي الثالثة.
4- هل الخطة مقبولة Is the plan acceptable : فإذا كانت مقبولة انتقل إلى المرحلة الخامسة. وهي:
5- تطبيق وتعديل الخطة Implementing and updating the plan وبعد ذلك ننتقل إلى المرحلة الأخيرة، وهي الانتقال لمرحلة تخطيطية لاحقة.
6- التخطيط الإجمالي للخدمات Aggregate planning for services: يستخدم التخطيط الإجمالي للخدمات كل من الاستراتيجية الموازية المتبعة، وسوف نوضح ذلك من خلال أمثلة عملية.

أ- الاستراتيجية المسوّية في الخدمات Levels strategy for services وتقوم هذه الاستراتيجية على الخطوات التالية:

1- يحدد عدد العمال الثابت من خلال أقصى دوام إضافي مطلوب في الفترة الأكثر ضغطاً.
2- يتم التعيين والفصل فقط في بداية أول فترة.

مثال (12-1):

في الجدول المبين لدينا الفترات المطلوب عمل تخطيط لها حيث تحدد عدد العمال اللازم في كل فترة زمنية.

الفترة الزمنية

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	**المجموع**
المطلوب	5	6	8	15	17	20	15	15	10	16	14	14	12	167

عدد الساعات التي يعملها كل عامل تبلغ 20 ساعة/ أسبوع في الفترات العادية. وفي الوقت الحالي لدى الشركة 10 عمال فقط، وعليها المحددات التالية:

1- عدد العمال الإضافي الذي يمكن تعيينه في أي فترة لا يزيد عن عشرة عمال.

2- تأجيل طلبات الزبائن غير مسموح.

3- الحد الأقصى للدوام الإضافي هو 25% من عد الساعات الأسبوعية المسموحة للعامل. العامل لا تزيد ساعات عمله تحت أي ظرف عن 25 ساعة/ أسبوع. وهذا ما حدده الحد الأقصى للدوام 1.25 (20)= 25 ساعة الأسبوع.

المطلوب: إعداد الخطة الإجمالية للفترات المبنيّة، وتحديد عدد العمال المطلوب للخطة في كل فترة.

الحل:

بما أن العامل يسمح له بالعمل 1.25 من ساعات عمله كحد أقصى، فإن عدد العمال يحدد على أقصى دوام إضافي وهو كما نرى في الجدول في الفترة رقم 6 حيث نحتاج إلى 20 عامل.

وعليه:

عامل 20= 1.25 W

$$\longrightarrow w = \frac{20}{1.25} = 16$$

إذا فإن وجود 16 عامل في الفترة 6 (القصوى) سيكون كافياً لتلبية الطلب، وعليه سيتم تعيين 6 عمال في بداية الفترة الأولى حسب الشروط. ويكون توزيع العمال كالتالي:

الفتـرة الزمنيـة

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**المجموع**
المطلوب	5	6	8	15	17	20	15	15	10	16	14	14	12	167
مستوى العمال	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	208
المستوى المكافئ	5	6	8	15	16	16	15	15	10	16	14	14	12	162
تعيين	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
فصل	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
دوام إضافي	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	5

ملاحظة: المستوى المكافئ هو عدد العمال الذين يعملون 20 ساعة/ أسبوع، وعليه يحسب الراتب ثم يوزع على الجميع.

ب) الاستراتيجية المتبعة للخدمات Chase Strategy for Services: أن أساسيات هذه الاستراتيجية ما يلي:

1- يحدد عدد العمال في كل فترة على حدة حسب حاجات الإنتاج والطلب.

2- لا يستخدم الدوام الإضافي، ونلجأ لعملية التعيين والفصل كلما لزم الأمر لذلك.

مثال (12-2):

استخدام الاستراتيجية المتبعة لتحديد العمالة، وجدولة العمال لبيانات المثال السابق.

الحل:

الفترة الزمنية

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**المجموع**
المطلوب	5	6	8	15	17	20	15	15	10	16	14	14	12	167
مستوى العمال	5	6	8	15	17	20	15	15	10	16	14	14	12	167
المستوى المكافئ	5	6	8	15	16	16	15	15	10	16	14	14	12	167
تعيين	-	1	2	7	2	3	-	-	-	6	-	-		21
فصل	5	-	-	-	-	-	5	-	5	-	2	-	2	19
دوام إضافي	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

ملاحظة: المستوى المكافئ هو عدد العمال المكافئ الذين يعملون 20 ساعة/ أسبوع كحد أقصى.

جـ) حساب الكلفة والاستراتيجيات المختلطة Cost Calculations and Mixed Strategies

مع استخدام الأساليب الكمية فإن حساب التكلفة لكل خطة يحدد عناصر هذه الخطة.

مثال:

في المثالين السابقين إذا كانت التكاليف كما يلي:

أجور عمال 500 دينار/عامل/ 20ساعة عمل.

أجور دوام إضافي 150% من الأجر العادي.

تكلفة تشغيل 600 دينار للشخص الواحد.

تكلفة الفصل 100 دينار للشخص الواحد.

قارن بين تكاليف الاستراتيجيتين.

التكلفة	الاستراتيجية المسوّية		الاستراتيجية المتتبعة	
أجور عمال	162 عامل ×500 دينار	81.000	167عامل×500دينار	83.500
إضافي	5 عامل × 750دينار	3.750	5عامل× 750دينار	صفر
تعيين	6 عامل× 600دينار	3.600	21عامل× 600دينار	12.600
فصل	-عامل× 100دينار	صفر	19عامل× 100دينار	1.900
		88.350		98.000

4- طرائق التخطيط الإجمالي

يوجد العديد من الطرائق المستخدمة في التخطيط الإجمالي لموازنة الطاقة (المدخلات) مع المخرجات، وأهم هذه الطرائق ما يلي:

1-4 الطريقة البيانية

تعد الطريقة البيانية سهلة الإعداد، وتوضح بصرياً الطلب المتوقع والإنتاج خلال فترة الخطة، لهذا فإنها تعد أساساً جيداً لتطوير الخطط البديلة، الخطة واختيار الخطة المناسبة للشركة. وسوف نقوم بتوضيح هذه الطريقة بالمثال الآتي.

مثال (3-12):

شركة صناعية تخطط الإنتاج لستة أشهر قادمة وذلك في ضوء البيانات المتنبأ بها الآتية:

الفترات	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**المجموع**
الطلب (وحدة)	1200	1300	1150	1200	1300	1400	7,550
عدد أيام العمل	25	26	22	28	26	25	152

المطلوب:

1- إعداد مخطط الطلب المتوقع والإنتاج على أساس متوسط الإنتاج / فترة.

2- رسم الشكل البياني للطلب والإنتاج المتراكم وعلى أساس متوسط الإنتاج/ فترة.

3- تسوية التذبذب في الطلب في الفترات باستخدام المخزون، علماً أن الشركة لاستخدام مخزون أمان في بداية الفترات ونهايتها.

4- تحديد مقدار مخزون الأمان.

5- تقرير أيهما أفضل، الاحتفاظ بمخزون أمان، أو قبول خطر نفاد المخزون في ضوء البيانات الآتية: تكلفة الاحتفاظ 5دينار، وكلفة نفاد المخزون 100/دينار/ وحدة/ فترة.

الحل:

1- احتساب معدل الإنتاج اليومي وكما يلي:

$$\text{معدل الإنتاج اليومي} = \frac{\text{مجموع الطلبات}}{\text{عدد أيام العمل}}$$

$$= \frac{7550}{152} = 50 \text{ وحدة/يوم}$$

2- احتساب الطلب والإنتاج، والطلب والإنتاج التراكمي في ضوء معدل الإنتاج اليومي من خلال إعداد الجدول الآتي:

الفـترات (1)	الطلب وحدة(2)	عدد أيام العمل(3)	الإنتاج وحدة الفترة(4)	الطلب المتراكم(5)	الإنتاج المتراكم(6)	ملاحظات
1	1200	25	1250	1200	1250	
2	1300	26	1300	2500	2550	
3	1150	22	1100	3650	3650	
4	1200	28	1400	4850	5050	
5	1300	26	1300	6150	6350	
6	1400	25	1250	7550	7600	

3- إعداد الرسم البياني:

أ- الرسم البياني للطلب والإنتاج في الفترات.

ب- الرسم البياني للطلب والإنتاج المتراكمين.

4- إعداد جدول متوسط معدل المخزون بالفترة، وكلفة الاحتفاظ بالمخزون وذلك بالاستناد إلى ما يلي:

أ- إذا كان الإنتاج في فترة أكبر من الطلب في فترة فإن المخزون يتراكم، وفي الحالة المعاكسة فإن المخزون يتناقض أو يتعرض للنفاد.

ب- يتم احتساب معدل المخزون في الفترة، وكلفة الاحتفاظ في فترة كما يلي:

$$\text{معدل المخزون في الفترة} = \frac{\text{المخزون بداية الفترة+ المخزون في نهاية الفترة}}{2}$$

كلفة الاحتفاظ في فترة = كلفة الاحتفاظ × معدل المخزون في الفترة.

الفترات	الطلب	الإنتاج وحدة/فترة	التغير في المخزون	مخزون نهاية الفترة	متوسط المخزون	كلفة الاحتفاظ بالمخزون (دينار)
	1	2	3 (1-2)	4	5	6
1	1200	1250	50	50	12.5	62.5
2	1300	1300	0	50	50	250
3	1150	1100	(50)	0	12.5	62.5
4	1200	1400	200	200	100	500
5	1300	1300	0	200	200	1000
6	1400	1250	150-	50	125	625
المجموع	-	-	-	-	-	2500

علماً أن مخزون بداية الفترة الأولى هو Ø وبالتالي فإن معدل المخزون لهذه الفترة يكون:

معدل المخزون في الفترة (1) = ________

12.5+Ø

نلاحظ أنه لا يوجد نفاد في لمخزون وبالتالي لا2يوجد تكاليف نفاد.

2-4 الطريقة التجريبية

تعد هذه الطريقة الأكثر استخداماً في التخطيط الإجمالي. تقوم على استخدام متغيرات القرار كبدائل متاحة أمام مدير المبيعات في إعداد الخطط البديلة للإيفاء بالطلب، واحتساب تكاليف هذه الخطط، ومن ثم اختيار الخطة الأنسب، وهي بالضرورة الخطة الأقل تكلفة.

مثال (12-4)

توافرت لمدير الإنتاج في شركة النسر الصناعية البيانات حول عملية إعداد خطة إجمالية لست فترات قادمة، وهذه البيانات هي الآتية:

الفترات	1	2	3	4	5	6	المجموع
الطلب (وحدة)	80	120	160	180	220	100	860

تكلفة الوقت النظامي 15 دينار/وحدة، وتكلفة الوقت الإضافي 17 دينار/وحدة، وتكلفة التعاقد الثانوي 19دينار/وحدة، وتكلفة الطلبيات غير المنجزة 10دينار/وحدة، وتكلفة الاحتفاظ بالمخزون 85 دينار/وحدة/فترة.

المصنع لا يحتفظ بالمخزون في بداية الفترة الأولى ونهاية الفترة السادسة، ويستخدم المخزون بين تلك الفترات مواجهة التذبذب في الطلب خلالها. كما أن معدل المخرجات في الوقت النظامي ثابتاً ومقداره 100 وحدة في الفترة.

المطلوب: إعداد كل من الخطط الآتية:

1- خطة الاستخدام والتسريح إذا علمت أن كلفة الاستخدام 10 دينار/وحدة، وكلفة التسريح 8 دينار/وحدة.

2- خطة التعاقد الثانوي لمواجهة المتطلبات.

3- خطة الطلبيات غير المنجزة بأية كمية، وكمية الطلبيات غير المنجزة غير محددة.

4- خطة الوقت الإضافي إذا كان المسموح منه (70) وحدة.

5- خطة العوامل المختلفة.

الحل:

(1) خطة الاستخدام والتسريح (مجردة)

الفترات	1	2	3	4	5	6	المجموع
الطلب (وحدة)	80	120	160	180	220	100	680
المخرجات							
الوقت النظامي	100	100	100	100	100	100	600
الاستخدام	-	-	60	80	120	-	260
التسريح	-	-	-	-	-	120	120
المخزون							
البداية	-	20	-	-	-	-	20
النهاية	20	-	-	-	-	-	20
المتوسط	10	10	-	-	-	-	20
التكلفة							
الوقت النظامي	1500	1500	1500	1500	1500	1500	9000
الاستخدام	-	-	1020	1360	2040	-	4420
التسريح	-	-	-	-	-	960	960
المخزون	100	100	-	-	-	-	200
المجموع	1600	1600	2520	3540	3540	2460	14580

(2) خطة التعاقد الثانوي (مجردة)

الفترات	1	2	3	4	5	6	المجموع
الطلب (وحدة)	80	120	160	180	220	100	680
المخرجات							
الوقت النظامي	100	100	100	100	100	100	600
التعاقد الثانوي	-	-	60	80	120	-	260
المخزون							

البداية	-	20	-	-	-	-	20
النهاية	20	-	-	-	-	-	20
المتوسط	10	10	-	-	-	-	20
التكلفة							
الوقت النظامي	1500	1500	1500	1500	1500	1500	9000
المتعاقد الثانوي	-	-	1140	1520	2280	-	4940
المخزون	100	100	1520	-	-	-	240
المجموع	1600	1600	2540	3050	3780	1500	14140

(3) خطة الطلبيات غير المنجزة

الفتــرة	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**المجموع**
الطلب	80	120	160	180	220	100	680
المخرجات							
الوقت النظامي	100	100	100	100	100	100	600
الطلبات غير المنجزة			60	140	260	260	720
المخزون							
البداية	-	20	-	-	-	-	20
النهاية	20	-	-	-	-	-	20
المتوسط	10	10	-	-	-	-	20
التكلفة							
الوقت النظامي	1500	1500	1500	1500	1500	1500	9.000
المتعاقد الثانوي	-	-	600	1400	2600	2600	7200
المخزون	100	100	-	-	-	-	200
المجموع	**1600**	**1600**	**2100**	**2900**	**4100**	**4100**	**16.200**

(4) خطة الوقت الإضافي والطلبات غير المنجزة (مجردة)

الفترات	1	2	3	4	5	6	المجموع
الطلب (وحدة)	80	120	160	180	220	100	680
المخرجات							
الوقت النظامي	100	100	100	100	100	100	600
الوقت الإضافي	-	-	70	70	70	-	210
التعاقد الثانوي	-	-	-	-	50	-	50
المخزون							
البداية	-	20	-	10	-	-	30
النهاية	20	-	10	-	-	-	30
المتوسط	10	10	5	5	-	-	30
التكلفة							
الوقت النظامي	1500	1500	1500	1500	1500	1500	9000
الوقت الإضافي	-	-	1190	1190	1190	-	3570
الطلبيات غير المنجزة	-	-	-	-	500	-	500
المخزون	100	100	50	50	-	-	300
المجموع	1600	1600	-	2740	3190	-	13,370

(5) خطة العوامل المختلفة (مجردة)

الفترات	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**المجموع**
الطلب (وحدة)	80	120	160	180	220	100	680
المخرجات							
الوقت النظامي	100	100	100	100	100	100	600
الوقت الإضافي	-	-	70	70	70	-	210
التعاقد الثانوي	-	-	-	-	50	-	50
الاستخدام	-	-	-	-	-	-	-
التسريح	-	-	-	-	-	-	-
الطلبيات غير المنجزة	-	-	-	-	-	-	-
المخزون							
البداية	-	20	-	10	-	-	30
النهاية	20	-	10	-	-	-	30
المتوسط	10	10	5	5	-	-	30
التكلفة							
الوقت النظامي	1500	1500	1500	1500	1500	1500	9000
الوقت الإضافي	-		1190	1190	1190	-	3570
المتعاقد الثانوي	-			-	950	-	950
المخزون	100	100	50	50	-	-	300
المجموع	1600	1600	2740	2740	3640	1500	138,200

جدولة مقارنة الخطط من ناحية التكلفة

	الخطط				
	الاستخدام والتسريح (1)	**التعاقد الثانوي (2)**	**الطلبيات غير المنجزة (3)**	**الوقت الإضافي والطلبيات غير المنجزة (4)**	**جميع العوامل (5)**
الوقت النظامي	9000	9000	9000	9000	9000
الوقت الإضافي	-	-	-	3570	3570
التعاقد الثانوي	-	4940	-	-	950
الاستخدام والتسريح	5380	-	-	-	-
طلبيات غير منجزة	-	-	7200	500	-
المخزون	200	200	200	300	300
المجموع	14,580	14,140	16,400	13,370	13,820

3-4- طريقة جدول تخطيط الإنتاج

Tableau Method of Production planning

تقوم هذه الطريقة على جدول النقل وعملية التخصيص للسعة (سعة الوقت النظامي ومتغيرات القرار للإيفاء بالطلب).

توضع الكميات المتاحة للجدولة في الفترة الزمنية، وترمز بالتالي:

المخزون الابتدائي Io

كمية الإنتاج العادي الممكنة Rt

كمية الإضافي المسموح به Ot

كمية الإنتاج الموكل لجهات أخرى St

تكلفة التخزين في الفترة: h

تكلفة الإنتاج في الفترات العادية r

تكلفة الإنتاج الإضافي	c
تكلفة الإنتاج الموكل لجهات أخرى	s
الطلب المتوقع على المنتجات	Dt
كمية المخزون اللازم بقاؤها في المستودع عند نهاية فترة التخطيط	I4

مثال (5-12)

شركة تنتج أنواع متعددة من الدهانات حيث يكون الطلب عالياً في الفترة الثالثة عادة وكمية المخزون الموجودة حالياً 250.0000 جالون، والمخزون الواجب بقاؤه في المستودع في نهاية السنة هو 300.000 جالون.

حدد المدير التكاليف بالشكل التالي:

الإنتاج في الوقت العادي	1 دينار/جالون
الإنتاج الإضافي	1.5 دينار/جالون
الإنتاج الموكل لجهات أخرى	1.90 دينار/جالون
تكلفة التخزين	0.30 دينار/جالون/فترة

الجدول التالي يوضح القدرات (Capacities) المختلفة، وتوقعات الطلب.

	مرحلة				
	1	**2**	**3**	**4**	**إجمالي**
الطلب	300	850	350	1500	3000
وقت نظامي	450	450	750	450	2100
وقت إضافي	90	90	150	90	420
وقت ثانوي	200	200	200	200	800

المطلوب: قم بعمل تخطيط إجمالي باستخدام الجدول.

الحل:

كما هو مبين في الجدول:

- نبدأ عادة بتعبئة كميات الإنتاج في الخانات الأقل تكلفة بشكل عمودي.
- كلما قمنا بتغطية كمية إنتاج يتم طرحها من الكمية الكلية المتوفرة لطاقات الإنتاجية المختلفة حسب نوعها كما هو موضح بالجدول.
- الكمية المطلوبة في الفترة الثانية هي 850.000، يتم إنتاجها حسب أقل تكاليف في الفترتين الأولى والثانية فقط، وذلك من خلال الإنتاج العادي 400.000 جالون في الفترة الأولى وإنتاج عادي 455.000 جالون في الفترة الثانية لذلك نجد أن الفترات الثالثة والرابعة أفقيا تحت العامود الثاني هي فارغة لأنه لا يعمل فيها تأجيل لطلبات الزبائن وهكذا.

5- التخطيط الإجمالي في الخدمات:

يمكن تطبيق أسلوب التخطيط الإجمالي في الشركات الخدمية التي تقدمها خدماتها حسب الطلب، وذلك كما هو الحال في شركات الاتصال (الهواتف الأرضية)، أو شركات المقاولات، أو الشركات السياحية.. وفي مثل هذه الشركات فإن الطلب عموماً غير مستقر، ولهذا فإن هناك تذبذباً في استخدام القوى العاملة. ومثل هذه الشركات توظف عدداً من العاملين بشكل دائم كنواة لغرف العمل، ويمثل هؤلاء والحد الأدنى للاستخدام. وفي حالة زيادة الطلب مع الخدمات، يتم توظيف عمال إضافيين بالتعاقد الثانوي، حيث يتم استخدامه وقت الحاجة (الذروة على الطلب والاستغناء عنهم في وقت انخفاض الطلب.

مثال (12-6):

تقوم شركة جبل قاسيون بتقديم خدماتها لمدينة دمشق، ومدينة ريف دمشق. وتشمل هذه الخدمات جميع الأعمال الانشائية وصيانتها. والطلب على هذه الخدمات

غير مستقر بسبب خطط التطوير المقررة من مجالس البلدية في المدينتين وبسبب الظروف الجوية المختلفة بين فصل الصيف وفصل الشتاء, لهذا فإن استخدام الشركة للقوى العاملة متغيّر باستمرار، وبخاصة فيما يتعلق بالعمال غير النظاميين. لهذا فإن الشركة تستخدم عمال نظاميين عددهم (400) عامل، وكل عامل يقدم (2) خدمة/يوم، والشركة تنجز كحد أدنى 80 خدمة/يوم على مدار السنة باستخدام العمال النظاميين. ولقد وضعت إدارة الشركة خطط عمل لمواجهة الزيادة في الطلب على خدماتها، ورصدت لها الموارد المتاحة الآتية:

1- استخدام قوة العمل النظامي في عمل إضافي وبأجر 50% من الأجر الشهري للعامل البالغ 10.000 ل.س/شهرياً.
2- أن التعاقد الثانوي يوفر خدمات وبتكلفة مقدارها 2000/خدمة وإن التعاقد على هذه الخدمات يجب أن يتم قبل شهرين من بدء تقديم الخدمة.
3- إن الحد الأقصى المتاح من العمل الإضافي هو (1500 عامل ابتداءاً من شهر آذار حتى تشرين الثاني وبأجر 8000 ل.س/شهرياً وإن تكلفة الاستخدام والتسريح تبلغ (5000) ل.س/عامل إضافي.

الفترة	ك2	شباط	آذار	نيسان	آيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت1	ت2	ك1
الطلب خدمة/شهر	26000	26000	35000	32500	35000	35000	34500	36500	36000	25000	22025	22000

المطلوب: إعداد الخطة المناسبة لموازنة الطاقة المتاحة على الطلب المتوقع، مع الالتزام بتقديم أفضل خدمات للمدينتين وبأقل تكلفة.

الحل:

الخطة الأولى: (استخدام 1000 عامل إضافي مع التعاقد الثانوي).

نفترض أن إدارة الشركة تفضل زيادة قوة العمل بمقدار (1000) عامل وبدوام كامل، ولحساب تكلفة نعد الخطة نعد الجدول الآتي:

الأشهر	الطلب المتوقع خدمة/شهر	الطاقة المتاحة خدمة/شهر	الأعمال عجز فائض +	الأعمال غير المنجزة المتراكمة	ملاحظات
ك2	26,000	25,000	+1000	صفر	الطاقة أو
شباط	26,000	26,000	صفر	صفر	الخدمات الفائضة لا تخزن
آذار	3,5000	32,100	-2900	-2900	
نسيان	35,000	32,500	-2500	-5400	2500+2900 ⟵
آيار	35,000	32,500	-2500	-7900	2500 + 5400 ⟵
حزيران	35,000	35,000	صفر	-7900	ترحيل ⟵
تموز	34,500	35,000	500+	7400	500-7900 ⟵
آب	36,500	35,000	-1500	-8900	
أيلول	36,000	33,500	-2500	-11400	
ت1	25,000	32,000	-3000	-14400	
ت2	25,025	28,000	2975+	-11425	2975-144000 ⟵
ك1	22,000	25,000	3000+	-8425	

التكلفة الكلية للخطة الأولى = عدد العمال النظامين × الأجر السنوي + تكلفة التعاقد الثانوي

= 5000 عامل × 10.000 × 12 + 8425 × 2000

= 600.000.000 + 16.850.000

= 616.850000 ل. س

الخطة الثانية: استخدام 1500 إضافي مع التعاقد الثانوي. الخطة الثانية تفترض أن الإدارة تستخدم 1500 عامل مؤقت (إضافي) من شهر آذار ولغاية شهر تشرين الثاني. ولحساب تكلفة هذه الخطة نعد الجدول الآتي:

الأشهر	الطلب المتوقع خدمة/شهر	الطاقة المتاحة خدمة/شهر	الأعمال غير المنجزة عجز- فائض +/خدمة	الأعمال غير المنجزة المتراكمة (-) خدمة
ك2	26,000	26,500	500+	صفر لا تخزن
شباط	26,000	26.000	صفر	صفر
آذار	35,000	34,000	1000-	- 1000
نسيان	35,000	32,000	3000-	4000-
آيار	35,000	30,500	4500-	8500-
حزيران	35,000	33,200	1800-	10300-
تموز	34,500	32,800	1700-	12000-
آب	36,500	32,950	3550-	15,550-
أيلول	36,000	33,500	2500-	18,050-
ت1	25,000	26,200	1200+	16,850-
ت2	25,025	26,800	1775+	15,075-
ك1	22,000	26,500	4800+	10,275-

التكلفة الإجمالية = تكلفة العمل النظامي +تكلفة العمل الإضافي+ تكلفة الاستخدام والتسريح+ تكلفة التعاقد الثانوي

= (10.000×12×4000) + (8000×7×1500) + (5000×1500) + (2000×10275)

= 480.000.000+84.000.000 +7.500.000 +20.550.000 = 5,920.050.000 ل.س

نلاحظ أن الخطة الثابتة أفضل وتوفر في التكاليف مبلغاً ومقداره:

616.000.000 – 59,20,050.000 = 23.950.000 ل.س

أسئلة ومسائل الفصل الثاني عشر

1- وضحّ مفهوم التخطيط الإجمالي وأهميته في إدارة العمليات الإنتاجية.
2- ما جمع عناصر عملية التخطيط الإجمالي؟ وضح علاقة تلك العناصر فيما بينها الرسم.
3- تعد الأهداف والبدائل النموذجية من أهم عناصر عملية التخطيط الإجمالي، فما هي هذه الأهداف؟
4- أن الأهداف والبدائل التي تشكل إحدى عناصر عملية التخطيط الإجمالي يمكن أن تكون متناقضة فيما بينهما، فكيف يتم حل هذا التناقض في حالة وجوده؟
5- عدد أهم طرائق التخطيط الإجمالي مع ذكر فوائد وعيوب كل طريقة أن وجد.
6- هل تستطيع عرض عملية التخطيط في رسم توضّح فيه تسلسل مراحلها؟

مسألة (1)

تم استخلاص البيانات التخطيطية أدناه من سجلات شركة العاصي الصناعية

الفترة الزمنية

عدد العمال	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**المجموع**
المطلوب	**12**	**10**	**16**	**16**	**20**	**21**	**22**	**15**	**15**	**14**	**15**	**20**	**21**	**25**	**11**	**253**

وكان عدد ساعات العمل للعامل الواحد هي 25 ساعة/أسبوع في الفترات العادية، والشركة لديها حالياً 12 عامل فقط.

والشركة ملتزمة بالآتي:

1- لا يجوز تشغيل أكثر من 12 عامل إضافي في أي فترة من العام.
2- لا يجوز تأجيل أو تأخير طلبات الزبائن.

3- الحد الأقصى للدوام الإضافي هو 20% من عدد الساعات الأسبوعية المسموحة للعامل. ولا يجوز أن تزيد عدد ساعات العمل الإضافي للعامل عن 20 ساعة/ أسبوع.

المطلوب:

1- إعداد الخطة الإجمالية للفترات المبيّنة أعلاه، وبيان عدد العمال المطلوب لإنجاز الخطة في كل فترة من الفترات السابقة.

2- هل يمكن استخدام الاستراتيجية المتبعة لتحديد العمالة، وكذلك جدولة العمال للبيانات أعلاه.

مسألة (2)

ترغب شركة جبل قاسيون وضع خطة إنتاجية تغطي ستة أشهر، وأعدت لذلك البيانات التخطيطية الآتية:

الفترات (أشهر)	7	8	9	10	11	12	المجموع
الطلب (وحدة)	3,000	3,500	3,150	2,500	3,800	4,000	19,950
عدد أيام العمل	25	25	20	26	21	21	138

المطلوب:

1- إعداد مخطط الطلب المتوقع، ومخطط الإنتاج على أساس متوسط الإنتاج/فترة.

2- رسم الشكل البياني للطلب والإنتاج المتراكم على أساس متوسط الإنتاج /الفترة.

3- تسوية التذبذب في الطلب للفترات السابقة باستخدام المخزون، علماً أن الشركة تستخدم مخزون أمان في بداية الفترات ونهايتها.

4- تحديد مقدار مخزون الأمان لكل فترة.

5- بيان الرأي حول أفضلية الاحتفاظ بمخزون أمان أو قبول خطر نفاد المخزون في ضوء البيانات الآتية:

تكلفة الاحتفاظ 50 ل.س، كلفة نفاد المخزون 5000 ل.س/ وحدة/ فترة.

مسألة (3)

أخذت البيانات التخطيطية في الجدول أدناه من شركة النصر للصناعات الإلكترونية:

الفترات (أشهر)	4	5	6	7	8	9	المجموع
الطلب (وحدة)	300	250	350	320	240	180	1640

وكانت تكلفة الوقت النظامي 500 ل.س/وحدة، وتكلفة الوقت الإضافي 700 ل.س/وحدة، وتكلفة التعاقد الثانوي 1000ل.س/وحدة، وتكلفة الطلبيات غير المنجزة 400 ل.س/وحدة، وتكلفة الاحتفاظ بالمخزون 200ل.س/وحدة/فترة. وكانت سياسة الشركة عدم الاحتفاظ في بداية الفترة الرابعة ونهاية الفترة التاسعة. ويستخدم المخزون بين تلك الفترات لمواجهة التذبذب في الطلب خلالها، كما أن معدل المخرجات في الوقت النظامي ثابتاً ومقداره 150 وحدة في الفترة.

المطلوب:

إعداد كلٍ من:

1- خطة الاستخدام والتسريح إذا علمت أن كلفة الاستخدام 300 ل.س/وحدة، وكلفة التسريح 200 ل.س/ وحدة.

2- خطة التعاقدات الثانوي لمواجهة المتطلبات.

3- خطة الطلبيات غير المنجزة بأية كمية، وكمية الطلبيات غير المنجزة غير محدودة.

4- خطة الوقت الإضافي إذا كان المسموح منه (120) وحدة.

5- خطة العوامل المختلفة.

مسألة (4):

المطلوب: إعداد الخطة الإجمالية باستخدام الجدول في ضوء البيانات الآتية:

الإنتاج ثلاثة منتجات كهربائية يكون الطلب عليها عالياً في الفترة الرابعة، والوحدات المخزنة منها حالياً تبلغ 40.000 وحدة، ومخزون آخر المدة في السنة هو 60.000 وحدة. ولقد وضع مدير الإنتاج تكاليف الإنتاج كما يلي:

الإنتاج في الوقت العادي	5000 ل.س/وحدة
الإنتاج الإضافي	650 ل.س/وحدة
الإنتاج الموكل لجهات أخرى	6.800 ل.س/وحدة
تكلفة التخزين	300 ل.س/وحدة/فترة

والجدول التالي يبين القدرات المختلفة وتوقعات الطلب.

	الغزارة (بالأشهر)				
	2	**3**	**4**	**5**	**الإجمالي**
الطلب (وحدة)	24,000	30.000	28,000	40.000	122,000
الزمن العادي	25,000	22,000	16,000	30.000	93,000
الزمن الإضافي	4000	8000	6000	9000	27,000
الإنتاج الموكل لجهات أخرى	10,000	12,000	10,000	11,000	43,000

مراجع الفصل الثاني عشر

1- عبود، نجم، إدارة العمليات، معهد الإدارة العامة، الرياض، 2001.

2- Chase Richard B., and Nicholas]. Aquilano, Production and Operations Management, 7th ed. MC Graw Hill, New York, 1996.

3- E.Adam, J. and R.j. Ebert, Production and Operations Management; Printice Hall of India Private. New Delhi, 1993.

4- Jay Heizer and Barry Render, Production and Operations Management. 7th ed. Allyn and Bacon, Boston, 1997.

5- Fisher, Marshall L., Janice H. Hammond, Walter Obermeyer, and Anath Raman," Making Supply Meet Demand in an Uncertain World", Harvard Business Review 72, no. 3 (May-June 1994).

6- Vallman, T.E., W. Berry, and D.C. Why bark. Manufacturing Planning and Control Systems, 3rd ed. Home wood, IL: Richard D.Kwin, 1992.

7- Norman Gaither, production and operations Management, 6th ed. The Dryden press, New York, 1995.

الخاتمة

إن أهمية الجدولة في إدارة الإنتاج والعمليات تتعدى حدودها المسائل الفنية الخاصة بتخطيط ورقابة الإنتاج والعمليات لتصل إلى المسائل الاقتصادية المتعلقة بالاستغلال الأمثل للطاقة الإنتاجية (الآلات، العمال)، وخفض التكاليف، وبالتالي الوصول إلى تحقيق الميزة التنافسية الرئيسة المتمثلة بالتكلفة إلى جانب الجودة. لذلك فإن إغفال هذه المسألة من قبل المختصين والباحثين والإداريين لا يوجد ما يبرره بالرغم من صعوبة البحث في هذه المسألة، حيث جرت العادة على تطوير وسائل وطرائق خاصة بكل مؤسسة، واعتماد التجربة والخطأ وصولاً إلى حلول معقولة لمسألة الجدولة، واعتماد وسائل قديمة لم توجد أساساً لهذه الغاية – مثل مخططات جانت- بل تم تطوير استخدام هذه الوسائل لغاية الجدولة. ومع هذا فإن استخدام مخططات جانت يمكن وفي كثير من الحالات أن يشكل إحدى الصعوبات أو المعوقات الكبيرة التي تقود إلى الوقوع في أخطاء الجدولة والتي تقوم بالأساس على البيانات الكمية. وكما هو معروف فإن التحليل الكمي وجد أساساً للتعامل مع البيانات الكمية، لهذا من الأجدى استخدام الأساليب الكمية في جدولة الأعمال التي يتطلب إنجازها مروراً متسلسلاً مع عدد من الآلات. وانطلاقاً من ذلك وباستخدام أسلوب المصفوفات قدمنا ثلاث خوارزميات مقترحة لجدولة (ن) عمل على (م) آلة، واستطعنا إثبات كفايتها مقياسة بمخططات جانت من خلال عرضنا المفصل لها. وتقوم هذه الخوارزميات على استخدام ثلاث مصفوفات في جدولة الأعمال، الأولى: مصفوفة بدء معالجة الأعمال، والثانية: مصفوفة إنهاء معالجة الأعمال، والثالثة: مصفوفة الأزمنة العاطلة. وبيّنا أهمية كل مصفوفة، وكيفية إعدادها. وأثبتنا من خلال الأمثلة إمكانية استخـدام كل من مصفوفة البدء، ومصفوفة الإنهاء في ترتيب مرور (ن) عمل على (م) آلة.

وبالتالي نكون قدمنا في عملنا هذا ما هو بديلاً علمياً وعملياً لمخططات جانت، وساهمنا في تقديم نماذج عامة تحل من مشكلة افتقار المنظمات للخبراء والمختصين في مجال الجدولة.

هوامش ومراجع الكتاب

1- S. E., Bechlold, M. J. Brusco and M. J. Showalter, “A Comparative Evaluation of Tour Scheduling Models, “Decision Sciences Vol. 22, No. 4 (September- October, 1991), PP. 683-699.

2- R. N., Burns and G. J. Koop, “A Modular Approach to Optimal Multiple- Shift Manpower Scheduling”, Operations Research, Vol.35, No. 1, (January-February, 1987), PP. 100-110.

3- Ashton, James E. and Frankex. Cook, J., “Time To Reform Job Shop Manufacturing, “Harvard Business Review, March- April, 1989, PP. 106-111.

4- James, M. Pruett and Andrarson Schartner, “JOB: An Instructive Job Shop Scheduling Environment” International Journal of Options & Production Management 13, No. 11, 1993, PP. 4-34.

5- S. M. Johnson, “Optimal Two and Stage Three Stage Production Schedules with Setup Times included”, Naval Research Logistics Quarterly, 1, No. 1, (March, 1954): 61-68.

6- S. L., Narashmnan, D. W. Mcleavy, P.L. Billington, Production Planning and Inventory Control, 2[ed]., Prentice-Hall of India, New Delhi, 1997, P. 491.

7- H.G Cambell, R.A. Dudek and M.L., Smith, “A Heuristic Algorithm for the (n) Job, (m) Machine Sequencing Problem”, Management Science, Vol. 16, No. 10, (June, 1970), PP.630-637.

8- S.L. Narasimban, D. W. Mcleavy, P.J. Billington (1997), P. 493, 494.

9- Baker, K. R., "The Effects of Input Control in a Simple Scheduling Model. "Journal of Operations Management 4, No. 2, (February, 1984): 99-112.

10- Solving the Job Shop Problem (Dresher, Pa: Sandan Associates, 1979), P.7, Also William E., Sandam, How to Win Productivity in Manufacturing (Dresher, Pa: Yellow Book of Pennsylvania, 1980).

11- James, J., Brown and Rajen K. Teberwala, "Manpower Scheduling", Industrial Engineering 7, No. 8, (August, 1975), PP.22-33.

12- Baker, K.R., (1984), PP. 99-112.

13- Ibid., PP. 99-112.